

The background of the cover is a photograph of a wooden door and staircase. The door is made of horizontal wooden planks and is partially open, revealing a dark interior. The staircase is also made of wood and is visible in the lower part of the image. The lighting is warm, highlighting the texture of the wood.

# CARPINTERIA

PUERTAS, VENTANAS Y  
ESCALERAS DE MADERA

J. ENRIQUE PERAZA SANCHEZ



Depósito Legal: M-2.841-2001  
ISBN: 84-87381-18-9  
Imprime: Artes Gráficas Palermo, S.L.  
Avda. de la Técnica, 7. Pol. Ind. Santa Ana  
28529 Rivas (Madrid)

Autor  
J. Enrique Peraza Sánchez  
Arquitecto

Asociación de Investigación Técnica de  
las Industrias de la Madera y Corcho

Foto portada:  
Capilla en Los Dominicos de Alcobendas  
(Miguel Fisac, 1955)

© J. Enrique Peraza  
© Asociación de Investigación Técnica de  
las Industrias de la Madera y Corcho  
2000

Este libro ha sido financiado por el pro-  
grama PROFIT del Ministerio de Innova-  
ción y Tecnología. 2000



# carpintería

**puertas**  
**ventanas**  
**escaleras**

# Presentación

Como Presidente de AITIM me cabe la satisfacción de presentar este primer tomo del libro de Carpintería dedicado a Puertas, Ventanas y Escaleras de madera.

A lo largo de sus más de 35 años de existencia, AITIM ha dedicado gran parte de sus esfuerzos a apoyar la calidad de la carpintería a través de la normalización y los sellos de calidad. Como empresario y socio desde la primera hora y como Presidente del Comité del Sello de Calidad durante muchos años he sido testigo directo de la gran labor realizada.

En 1967 aparecieron los primeros sellos de calidad AITIM de puertas planas y en 1971 se creó la marca de calidad del Ministerio de Industria que tanto influyó en los pliegos de condiciones de los arquitectos. En 1977 se creó el sello de Puertas Carpinteras.

A finales de los ochenta se produjo el paso a la marca N de AENOR de un buen grupo de fabricantes y otros muchos han ido pasando al registro de empresa durante los noventa.

A principios de los ochenta, también de la mano de AITIM, se consiguieron los primeros Sellos de Calidad de Puertas Resistentes al Fuego y ventanas de madera.

En puertas son más de 150 las empresas certificadas y más de 50 de ventanas.

A pesar de tanto trabajo normativo y certificador, faltaba un libro que abordara con extensión otras cuestiones relativas a la carpintería. Ya se había iniciado el trabajo con la Guía de la Madera en 1994 y ahora tocaba ampliar los capítulos de puertas y ventanas para darles la importancia que se merecen.

Quiero aprovechar estas líneas para resaltar también el trabajo realizado por los empresarios y las industrias de carpintería, los cuales creyeron en la calidad como factor de crecimiento y de desarrollo del mercado.



Han sido muchas horas durante muchos años las dedicadas por personas de este sector.

Quiero, entre otros recordar a Eusebio González de la Iglesia, a César Peraza, a Ángel Solanes, a Jesús Guillén y a tantos otros.

Una de las cosas buenas de este libro es que reivindica la figura del carpintero, un oficio un tanto maltratado en las obras, pero que debe volver a colocarse en el lugar que le corresponde.

La carpintería ha sufrido en estos últimos 40 años una transformación radical. Se ha pasado de un trabajo artesanal a las grandes líneas de producción industrializada. Las empresas -la mayoría de origen familiar- se han tenido que adaptar a un nuevo modelo más competitivo. Y lo han hecho manteniendo y mejorando cada vez más la calidad.

Ahora la carpintería es distinta de la de antes, pero sus principios siguen siendo válidos. Este libro trata precisamente de enlazar ambas concepciones.

Esperamos que su contenido resulte ameno, interesante y útil para todos los profesionales y empresarios que estamos relacionados con la madera, la construcción y la carpintería.

Fausto Herrero Velasco  
Presidente de AITIM



# Prólogo

La madera ha sido durante siglos el material más apreciado en carpintería. Y esto no sólo por razones de funcionalidad sino también por factores emocionales: su tacto y color, su irregularidad y su amable forma de envejecer han ejercido siempre una gran fascinación sobre el hombre.

La escasez de madera, la aparición de nuevos materiales y la creciente industrialización la hicieron perder terreno en carpintería.

Sin embargo los problemas de los otros materiales y una mayor conciencia medioambiental han devuelto a la madera a un lugar importante.

El lector se encuentra en este primer tomo con las puertas, las ventanas y las escaleras de madera. Para otro ulterior, se dejan los pavimentos y revestimientos de madera.

Ha sido éste un libro difícil por la amplitud del campo a cubrir y por el peculiar enfoque. Desde AITIM es la primera vez que se pasa de textos técnicos y normativos al campo puramente arquitectónico. En este terreno apenas hemos encontrado referencias en las que apoyarnos.

En efecto, la literatura existente sobre carpintería de madera en este momento está claramente desfasada. Están en primer lugar meritorios manuales de construcción para estudiantes, útiles, aunque insuficientes para los nuevos profesionales. En otro extremo aparecen determinados manuales y catálogos técnicos publicados por asociaciones o por empresas. Con un carácter excesivamente técnico y ajeno al diseño utilizan un lenguaje arduo cuando no pecan de parcialidad al defender las excelencias de sus propios productos. Con frecuencia resultan incomprensibles y aburridos para los aplicadores y sólo se emplean como libros de referencia y consulta cuando no hay más remedio que cumplir con alguna norma, ordenanza o requisito técnico.



Por fin nos encontramos con los viejos manuales de carpintería y tratados de construcción. Suelen ser libros magníficos, con abundantes ilustraciones y de muy agradable lectura, pero recogen información de procesos y productos en su mayoría obsoletos o inviables actualmente.

En este contexto, el objetivo de este libro pretende ser un manual asequible y comprensible sin caer en el manualismo de la "letra con sangre entra" tan frecuente.

Se partió aprovechando mucho material bibliográfico disperso para, mediante un enfoque práctico, conseguir el objetivo de proporcionar herramientas de diseño tanto al fabricante como al prescriptor (arquitecto, decorador, interiorista, diseñador, etc.).

En puertas y ventanas ha sido una gran fuente la revista AITIM, un diario de la evolución del sector desde 1964. En el campo de las escaleras, se ha partido del extraordinario manual francés *Encyclopédie des Métiers (les escaliers en bois)* de *Les Compagnons de métiers*, un manual utilizado en la formación de los maestros franceses de los distintos oficios.

Llegados al punto de tener que cerrar la edición queda siempre la sensación de que habría que desarrollar o profundizar más en los temas. Queda, pues, abierto el campo para futuros trabajos más especializados.

El autor

# Introducción

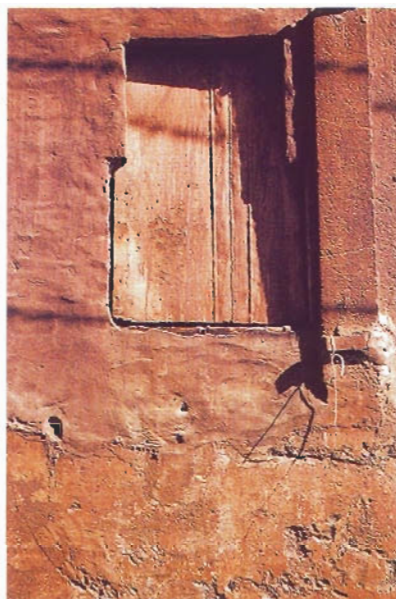
El presente libro se desarrolla siguiendo el mismo esquema para los tres productos. Se parte de la carpintería como elemento arquitectónico, entendido no sólo en su aspecto funcional, sino también en el comunicativo y simbólico, que paradójicamente, presenta un alto valor práctico, ya que los clientes demandan madera muchas veces guiados por criterios emocionales y culturales.

Le sigue un recorrido histórico -quizás el capítulo más complejo- desde los orígenes de la civilización hasta nuestros días. Se ha hecho tanto para recuperar viejas fórmulas todavía útiles, como para abrir pistas a nuevas vías de investigación, en sintonía con el viejo adagio dorsiano "lo que no es tradición, es plagio". De paso se ha pretendido recuperar la buena imagen de la carpintería, tan deteriorada en la construcción actual. Esperamos que el catálogo de cientos de los diseños históricos plasmados sea, como poco, una fuente de inspiración para el desarrollo de nuevos modelos.

A continuación se entra en la clasificación tipológica y el diseño de producto, procurando concluir en reglas sencillas de aplicación. Una parte del diseño se centra en materiales y componentes que intervienen: herrajes, juntas, vidrios, acabados, etc.

Otro aspecto del diseño han sido las carpinterías especiales. En una sociedad exigente en temas de calidad y especialización, cada vez es más importante resolver las carpinterías acústicas y térmicas, resistentes al fuego, etc. Estas carpinterías se diseñan tras mucho estudio e investigación y necesitan contrastarse en ensayos de laboratorio complejos y caros que fabricantes y prescriptores se ven obligados a resolver, por cuestiones de normativa, muchas veces de forma traumática.

La protección y acabado es uno de los factores críticos de la carpintería y espe-



cialmente lo ha sido en la madera, que pese a ser un material apreciado por usuarios y técnicos ha sufrido uno de sus mayores descabros en el mercado, especialmente en el caso de las ventanas. Finalmente la instalación en obra es un aspecto que interesa a prescriptores pero también a fabricantes, que deben conocer los sistemas actuales de construcción para diseñar en función de ellos. Fieles al papel de AITIM en el terreno de las normas y certificaciones de calidad había que hablar de la filosofía de la calidad que se ha implantado *con fuerza y a la fuerza* en estos años. Sin embargo las reglamentaciones tienden a veces a enmarañar la labor de técnicos y empresas en burocracias inútiles haciéndoles perder tiempo y energía. Paradójicamente las normas acaban aplicándose muchas veces sin lógica, cumpliéndose como un trámite y dejando de ser útiles porque a veces los productos cumplen la norma pero no satisfacen al usuario.



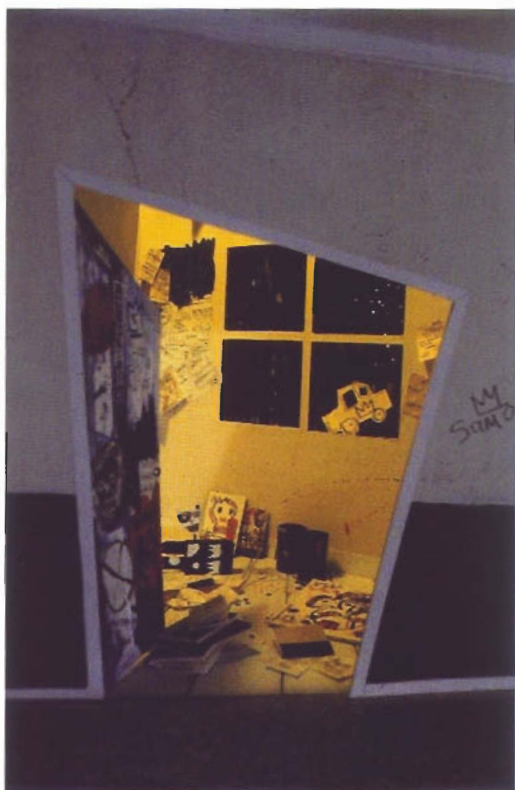
## Agradecimientos

Son muchas las personas que deberían ser mencionadas en este apartado ya que una de las fuentes más utilizadas en este libro han sido los artículos de la revista AITIM a lo largo de más de 35 años. Son, por tanto muchos los autores de los que se ha aprovechado información y cuya cita continua habría hecho el libro demasiado farragoso.

No mencionaremos a las muchas personas que han ayudado en la obtención de imágenes, en consultas puntuales o en favores materiales que facilitaron el trabajo. Nos limitaremos a mencionar las que han tenido la paciencia de leerse el manuscrito original cuando éste estaba todavía bastante *informe* y era duro de leer.

Estos han sido por parte industrial: Alejandro Carazo (de Puertas Artevi), Jaime Ortiz (de Puertas Norma), Javier Hernando y Fernando Viamonte de TAFIBRA y D. Jesús Guillén (de Guillén Industrias de la Madera) a quienes lógicamente no responsabilizamos de los errores que pudiera contener el libro. Por la parte académica se ha contado con la ayuda siempre desinteresada de D. César Peraza Oramas, profesor emérito de la UPM, de Marco Antonio González Álvarez, del Ministerio de Investigación y Tecnología de Carlos Baso de la Universidad de Vigo, de Fernando Peraza, Gonzalo Medina, Ignacio Bobadilla y Francisco García de AITIM, y de Antonio Moreno Arranz y Carlos de la Colina, del Instituto de Acústica del CSIC que colaboraron en los capítulos dedicados a esta materia.





# puertas

*La vida es una cárcel con las puertas  
abiertas.*

Andrés Calamaro. Alta Suciedad 1997.



# La puerta como elemento arquitectónico



Fotograma de la película 2001 Una Odisea Espacial, de Stanley Kubrick

## Algunas definiciones

En el lenguaje corriente la puerta es el elemento constructivo que permite el acceso al interior de un edificio o la intercomunicación entre distintas dependencias.

También se le pueden atribuir funciones de otro tipo: ventilación, iluminación, contacto acústico o visual, etc.

Como ocurre con los otros elementos de carpintería, las puertas constituyen un 'arte menor' dentro de la arquitectura, pero con alto valor significativo.

En carpintería la madera ha sido siempre el material fundamental, insustituible por su facilidad de mecanizado, disponibilidad y ligereza, cualidades necesarias para su maniobrabilidad.

## La puerta como elemento arquitectónico

Al margen de su constitución, la puerta recoge relaciones espaciales, físicas y psicológicas de indudable interés arquitectónico: especialmente en el caso del acceso (puertas de exterior), que establece un límite físico y psicológico, de charnela, entre el interior y el exterior.

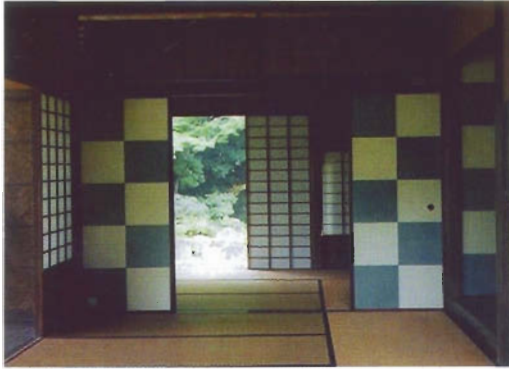
En efecto, la puerta de la calle ha sido siempre un elemento arquitectónico especialmente cuidado ya que es la primera toma de contacto con la casa. Por eso se suele diseñar en armonía con la fachada, expresando el carácter del edificio y sus habitantes.

Desde el punto de vista formal la puerta exterior siempre se relaciona con el estilo arquitectónico del edificio, mientras que la interior suele hacerlo más con la decoración y el mobiliario.

Al igual que la ventana, la puerta es un hueco en la fachada y plantea una relación hueco/macizo de interés geométrico, formal y estilístico, útil como elemento de lenguaje en la composición arquitectónica.

El marco es el elemento ornamental de transición entre hueco y muro y presenta motivos decorativos variados (de oreja, con boces, dinteles y cornisas, pilastras laterales, frontones triangulares y circulares, arcos simples, rebajados o lobulados, ménsulas, etc.).

Los marcos en los edificios antiguos de más categoría siempre eran de piedra y los populares, de madera.



**La puerta deslizante japonesa actúa como tabique móvil**

La inexistencia de puertas o la posibilidad de franquearlas sin permiso es sinónimo de falta de libertad e intimidad, libremente elegida (vida en comunidad) o impuesta (Ejército).

La arquitectura moderna ha buscado a veces su eliminación sustituyéndola por elementos que realicen su misma función: cambiando el cierre físico por otro virtual (por ejemplo desplazando o solapando muros y huecos). Otro ejemplo límite es el de la puerta transformada en tabique y éste en puerta, como ocurre con los paneles deslizantes de las casas japonesas tradicionales.

### **La puerta como elemento simbólico**

Cualquier puerta establece un límite y una separación como recoge muy agudamente el lenguaje popular. Este límite puede ser físico (dar con la puerta en las narices) o virtual (quedarse a las puertas de, poner puertas al campo), crea una relación dentro/fuera (ir de puerta en puerta, coger la puerta e irse, jornada de puertas abiertas), con connotaciones de seguridad (casa con dos puertas mala es de guardar), propiedad e intimidad (de puertas afuera y de puertas adentro). Estos mismos límites se pueden aplicar a las estancias o subespacios de las habitaciones, que son también reductos de seguridad, propiedad e intimidad.



**El enmarcado reduce o amplía la puerta real**

Física o inmaterial, una puerta establece un límite a franquear o a no traspasar.

Los cristianos imaginaron la puerta del Paraíso como la entrada en el Más Allá (incluso con un portero, San Pedro, que tiene la potestad de las llaves). Quizás por eso las puertas de las iglesias suelen preparar a la emoción religiosa.

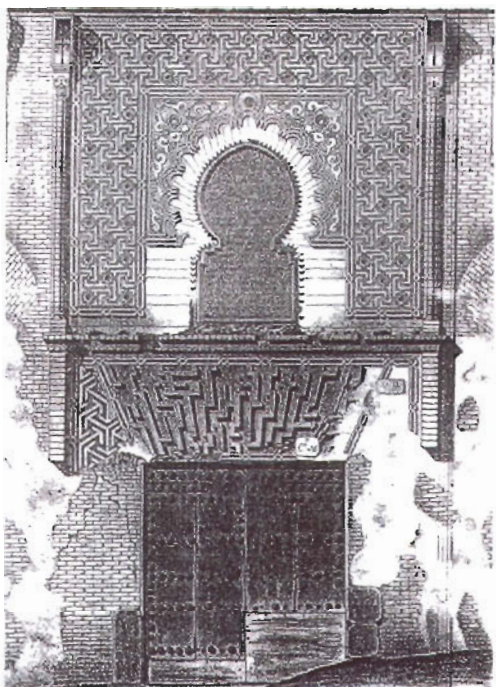
En muchas culturas las puertas reciben una decoración simbólica. En Costa de Marfil, por ejemplo se colocaban signos esotéricos grabados en la madera para expulsar los malos espíritus. Siguiendo la mitología china se colocaban dioses en las puertas para garantizar la protección de sus habitantes.

En Mesopotamia las puertas, de madera de palma, se pintaban de rojo, para defenderse de las asechanzas del Demonio. Frecuentemente las puertas de los palacios caldeos aparecen guardadas por figuras del lamasu o 'héroe del león', colosos y toros alados.

Algo parecido ocurre en la India.

La orientación cobra también importancia.





Marco árabe en Maristán

Una larga tradición indica que la orientación de las puertas debía ser al Oeste. Los judíos empezaron a orientar sus puertas hacia Poniente, pero después de la destrucción del Templo, las orientaron a Jerusalén.

De acuerdo a determinadas leyes eclesiásticas de la Edad Media cualquier fugitivo que tocara la aldaba de una puerta de un santuario cristiano quedaba inmune de su posible arresto. Este hecho podría ser el origen de algunos conocidos juegos infantiles.

Para el psicoanálisis "el símbolo habitación se aproxima aquí al de casa, y puerta y portal se convierten en símbolos que designan el sexo" (Sigmund Freud. La interpretación de los sueños).

La puerta, como cualquier cosa puede cobrar vida propia en función del carácter que se le quiera dar. Azorín fue un maestro en descubrir el valor de las cosas inanimadas pero cercanas.

"Yo amo las cosas: esta inquietud por la esencia de las cosas que nos rodean ha



Panel de una puerta india

dominado en mi vida: ¿Tienen alma las cosas? ¿Tienen alma los viejos muebles, los muros, los jardines, las ventanas, las puertas? Hoy mismo, sentado ante la mesa, con la pluma en la mano, he advertido que entraba en la pequeña biblioteca el mayoral de labranza y me decía:

- Esta noche las puertas han trabajado mucho...

Yo oigo estas palabras y pienso que, en efecto, esta noche pasada las puertas han trabajado reciamente. ¿Tienen alma las puertas? Un viento formidable hacía estremecer la casa; todas las puertas de las grandes salas vacías, las de las cámaras, las de los graneros, las de los corredores, las de los pequeños cuartos perdurablemente oscuros, todas, todas las puertas han lanzado sus voces en el misterio de la noche. Una puerta no es igual a otra nunca: fijáos bien. Cada una tiene su propia vida. Hablan con sus



Portada clásica en un túmulo romano

chirridos suaves o broncos; tienen sus cóleras que estallan en recios golpes; gimen y se expresan, en las largas noches del invierno, en las casas grandes y viejas, con sacudidas y pequeñas detonaciones, cuyo sentido no comprendemos. ¿No os dice nada una de estas puertas llamadas surtidores que dan paso de una alcoba ancha y sombría a un corredor sin muebles, con las paredes blancas? ¿Y esta otra dividida en pequeños cuarterones que da paso a una vieja cámara campesina, con una pequeña ventana alambrada y con una leja en la que hay un espejo roto y un cantarillo con miera? ¿Y esta otra con las maderas alabeadas, hinchadas por la humedad, carcomidas, que cierra un huertecillo abandonado, con parrales sombríos y hierbajos que crecen en las junturas de las losas, con un viejo árbol por cuyo seno tuerce el paso la hiedra, como en los versos de Garcilaso?

No hay dos puertas iguales: respetadlas todos. Yo siento una profunda veneración por ellas; porque sabed que hay un instante en nuestra vida, un instante único, supremo, en que detrás de una

puerta que vamos a abrir está nuestra felicidad o nuestro infortunio..."<sup>1</sup>

A un nivel aún más elevado de simbología el siguiente villancico de Juan de la Encina establece una analogía con la vida humana.

Ya cerradas son las puertas  
de mi vida,  
y la llave es ya perdida.

Las puertas son mis servicios,  
la cerradura es olvido,  
la llave que se ha perdido  
es perder los beneficios.  
Assí que fuera de quicios  
va mi vida,  
pues la llave es ya perdida.

Puse la vida en poder  
de quien sirvo y de quien amo.  
Agora, triste, aunque llamo,  
no me quiere responder.  
Cerróme con su querer  
la salida,  
y la llave es ya perdida.

He servido con tal fe  
qual nadie nunca sirvió.  
El galardón que me dio  
fue peor que nunca fue.  
Assí que triste no sé  
de mi vida,  
pues la llave es ya perdida<sup>2</sup>.

Nietzsche también se refiere a un sueño lleno de significado en su libro *Así habló Zaratustra*.

"Llevaba conmigo mis llaves, las más oxidadas de las llaves y con ellas podría abrir las puertas más chirriantes .../... Introduce la llave en la cerradura, tratando de abrir la puerta de par en par y, entre gritos y lúgubres silbidos, me arrojó un negro ataúd"<sup>3</sup>

En un tono más moderado Baltasar Gracián nos recomienda "con los enemigos tener siempre la puerta abierta a la reconciliación. La puerta de la generosi-





**Puerta de arquitectura naturalista checa**

dad es la más segura. Algunos se contentan con ponerse confiadamente a las puertas de la Fortuna y esperar que ella haga algo. Otros, con mejor tino, entran por esas puertas y utilizan una audacia razonable<sup>4</sup>”.

Pero donde la simbología alcanza mayor profundidad es en el Nuevo Testamento. Existen muchas citas donde se refleja su carácter de protección como imagen del Reino: “Cuando el dueño de la casa se levante y cierre la puerta os pondréis a llamar a la puerta diciendo: Señor, señor, ábrenos”. “Él les dijo luchad por entrar por la puerta estrecha porque os digo que muchos pretenderán entrar y no podrán”. “Tú eres Pedro y sobre esta piedra edificaré mi Iglesia y las puertas del Hades no prevalecerán contra ella. A ti te daré las llaves del reino de los cielos” (Mt 16 19). Finalmente el Apocalipsis describe enigmáticamente las famosas puertas del Paraíso: “y las puertas son



**Puerta japonesa que actúa como marco del paisaje**

doce perlas, cada una de ellas hecha de una sola perla” (Apoc 21 21).

En la cultura egipcia, las puertas tenían también una gran importancia simbólica, hasta el punto de que en el Libro de los Muertos existía un capítulo dedicado al Libro de las Puertas. Estas puertas, doce, constituían otras tantas estaciones a donde debía dirigirse el alma para sufrir un examen o juicio. Se recitaban allí unas fórmulas aprendidas con anterioridad, de memoria. La última puerta, una vez franqueada, conducía al Nilo. Por eso el barco venía a ser un símbolo del viaje de la muerte que se colocaba en las tumbas.

#### Notas

<sup>1</sup>Azorín. Las confesiones de un pequeño filósofo. Colección Austral, 25-II-1976

<sup>2</sup>CLXII Villancico. Cancionero. Juan de la Encina (1469-1529)

<sup>3</sup>Así habló Zaratustra (El adivino. Así habló Zaratustra. 1883

<sup>4</sup>El arte de la prudencia (puntos 21 y 217). 1647



# Evolución histórica de las puertas



Aunque las puertas pueden clasificarse de muchas formas: por el aspecto (caras, canto, hoja), por su ubicación (interior, exterior, entrada a piso) o por su forma de apertura, en este libro se ha seguido el criterio constructivo, es decir, por su constitución. Las otras clasificaciones tipológicas se desarrollan en anexos especiales.

Según esta clasificación, las puertas son plafonadas (romanas, góticas, y desde el Renacimiento en adelante), entabladas (Edad Antigua y desde la Edad Media en adelante), apeinazadas o castellanas (desde el Renacimiento en adelante), y planas (desde el siglo XX).

El desarrollo de este capítulo no es históricamente lineal, sino que se organiza alrededor de los principales estilos de puertas, dentro de los cuales sí se analiza su cronología. De esta forma, dentro de cada tipo, puede haber saltos en el tiempo.

## Resumen

- Puerta Antigua (mesopotámicas, egipcias, de Oriente Medio, griega y romana)
- Puerta Medieval (entablada y plafonada)
- Puertas apeinazadas del Renacimiento español
- Puertas plafonadas (gótica, renacentista y barroca)
- La puerta en los siglos XIX y XX (estilos arquitectónicos del cambio de siglo, la revolución tecnológica de la puerta plana, la nueva puerta plafonada)
- La puerta en España en el siglo XX (la nueva puerta castellana, la transformación industrial de la puerta plana y la puerta plafonada)

# La puerta antigua



Así como la ventana es un invento relativamente reciente, inexistente en muchas culturas antiguas, la puerta es un elemento casi permanente en la arquitectura, tanto en Oriente como en Occidente, aunque con valores sociológicos, culturales y defensivos totalmente distintos (según se trate de una cultura nómada o sedentaria, por ejemplo).

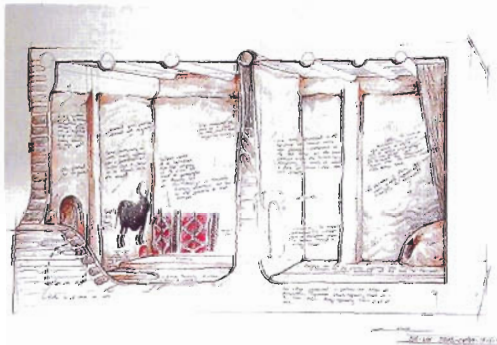
Los requerimientos del binomio resistencia/ligereza, accesibilidad de la materia prima y fácil labrado hicieron de la madera el material más idóneo en la construcción de puertas desde la noche de los tiempos. Como excepción, conocemos el caso de la civilización minoica, que por escasez de madera, empleó tableros sólidos de yeso en los empanelados. Otra excepción importante es la puerta de

bronce empleada en la arquitectura monumental que ha persistido hasta la actualidad. Las primeras puertas monumentales de bronce son las de los santuarios sumerios y el ejemplo más antiguo que ha subsistido es la puerta del Pantheon de Adriano (siglo I. a de C.), doble, plafonada y de 7,3 metros de altura.

## Las puertas mesopotámicas

En el Asia menor, durante el Neolítico, en poblados como Catal Hüyük (6700-5700 a. de C.) puertas y ventanas se identifican puesto que las viviendas son herméticas y se penetra a través de huecos en el techo.

La casa sumeria (2870 a 2370 a de C) consta de habitaciones rectangulares alrededor de un patio con una abertura en



Dibujo idealizado de una vivienda sumeria



Excavaciones en Catal Hüyük (Anatolia. Turquía)

el techo por donde penetra la luz y el aire, un conjunto centrado, sólo comunicado con la calle por mediación de la puerta sin ninguna ventana al exterior.

### Las puertas egipcias

Egipto nos ha dejado diversos modelos de puertas, todas provenientes de tumbas y conservadas en el Museo Egipcio de El Cairo.

La puerta más antigua es la de una tumba en honor de Iyca del año 4500 a. de C. y la de Hesiré, sacerdote y escriba, de Sakkara (la antigua Memphis) datada en el 2700 a. de C., y es de madera de Sicomoro. Las encontradas en la tumba de Tutankamon, exhumada en 1923 por Howard Carter están datadas en 1350 a. de



Puerta egipcia. Cámara mortuoria de Tutankamon

C. Son cuatro. La primera, de madera revestida de oro y con incrustaciones de esmaltes azules, cierra la habitación del sarcófago de 5 metros de largo que contiene otros tres. Las puertas que conducen a otras estancias, están también forradas de oro y tienen un portillo interior de menor tamaño. Todas giran sobre un quicio y tienen tiradores y pasadores muy parecidos a los actuales. En este mismo museo se encuentran otras dos interesantes puertas de madera, en este caso estucadas y pintadas con escenas alegóricas y familiares. Pertenecen a la tumba de Sennedjen, muerto en tiempos de Ramsés II (1290-1224 a. de C.) y Nefertiti. Ésta última formada por un tablero de cinco piezas verticales, cerrado por un bastidor de suave curva superior. El tablero se encaja en la pieza redonda que hace de gozne.

En relación a las llaves y cerrojos, conocemos su existencia por dibujos y jeroglíficos y de ellas se habla en el capítulo de herrajes. Son de dimensiones superiores a las nuestras, tienen cerca de un codo. Penetraban como un brazo a través del montante de la hoja y accionaban el cerrojo a modo de palanca, lo que explica su gran tamaño.

El rey Anubis aparece en los jeroglíficos, como encargado de las puertas del Más Allá, sosteniendo una llave de tres dientes, los cuales se colocan hacia arriba y elevan tres clavijas del cerrojo permitiendo abrir la puerta.

### Las puertas en la Biblia

En el Antiguo Testamento aparece una primera referencia a las puertas en la construcción del Templo de Jerusalén en tiempos del rey David, templo que no llegará a construir: "Preparó también David hierro en abundancia para la clavazón de las hojas de las puertas y para las grapas, incalculable cantidad de bronce y madera de cedro innumerable, pues los sidonios y los tiros trajeron a David madera de cedro en abundancia" (Cr 22 3-5). "Toda la

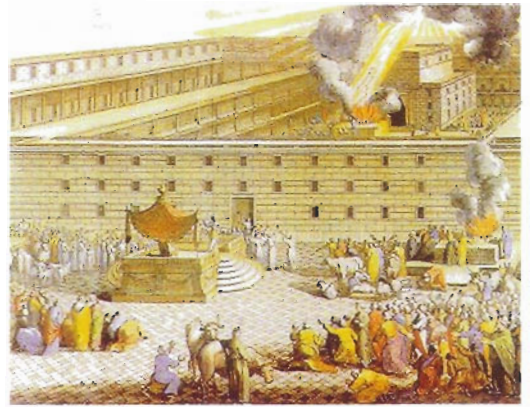


madera (cedro, ciprés y aligummin) se cortó del Líbano y se llevó en balsas, por mar, hasta Joppe, y desde allí se subió a Jerusalén (II Cr 2 15). "Algunas puertas estaban chapadas en oro" (II Cr 4 19). "Glorificaré al Señor, Jerusalén, alaba a tu Dios, Sión: que ha reforzado los cerrojos de tus puertas y ha bendecido a tus hijos dentro de ti" (Sal 14, 12-13).

El templo fue construido finalmente por su hijo Salomón (alrededor del año 1000 a. de C.). En la Biblia se dice que "...hizo a la entrada del santuario una puerta de dos hojas de madera de olivo silvestre y otras de ciprés: el marco con dos pilares equivalente a un quinto del muro (.../...). Hizo esculpir querubines, palmas y flores extendidas y las cubrió de oro. (I Reyes 31-35) "El sumo sacerdote Elyasib y sus hermanos los sacerdotes se encargaron de construir la puerta de las ovejas (en la muralla de Jerusalén): la armaron, fijaron sus hojas, barras y goznes" (Nehemías 3 1-2).

Al margen del templo, son interesantes también los textos del profeta Ezequiel que ejerce su misión de sacerdote con los judíos desterrados en Babilonia. Su libro profético describe un templo de Jerusalén idealizado: "El Santo tenía una puerta doble y el Santuario una puerta doble. Eran puertas de dos hojas movibles, dos hojas en una puerta y dos en otra" (Ez 41 23)

Ya en el Nuevo Testamento (siglo I d. de C.) hay muchísimas citas sobre las puertas, como ya se avanzó en el capítulo anterior, pero más bien en el ámbito simbólico. Reflejan su carácter de protección y seguridad: "No me molestes, la puerta está ya cerrada y mis hijos y yo acostados" (Lc 11 5-7); la diversidad de tipos: "Él les dijo luchad por entrar por la puerta estrecha porque os digo que muchos pretenderán entrar y no podrán"; el desarrollo de la cerrajería: "Tú eres Pedro y sobre esta piedra edificaré mi Iglesia y las puertas del Hades no prevalecerán contra ella. A ti te



**Imágenes idealizadas del Templo de Jerusalén (hoy destruido)**

daré las llaves del reino de los cielos" (Mt 16 19).

La cerrajería de madera, se siguen empleando todavía en todo el Medio Oriente y Norte de África.

### **Las puertas griega y romana**

De los griegos sabemos pocas cosas en cuanto a carpintería. Por la Odisea conocemos las mismas largas llaves, con sus cerrojos de madera con accionamiento, no rotativo sino de giro vertical, siguiendo el principio de brazo de palanca de los egipcios. Virgilio, en la Eneida, recoge formas y materiales de las puertas griegas, comunes a la carpintería mesopotámica<sup>1</sup> "Dicho esto, prosigue su camino y enseña a Eneas el ara y la puerta que los Romanos denominan Carmental; antiguo monumento, levantado en honor de la ninfa Carmenta, fatídica profetisa que vaticinó la primera futura grandeza de los hijos de Eneas y las glorias del monte

<sup>1</sup> Virgilio (70 a de C-51 de d C) escribió en La Eneida la predestinación romana al Imperio a través de la historia de Eneas, héroe troyano fundador de una nueva estirpe en el Lacio. Sus referencias a las puertas son meramente descriptivas pero son un testimonio de interés:

"Hay dos puertas del Sueño, una de cuerno, por la cual tienen fácil salida las visiones verdaderas; la otra de blanco nítido y marfil, primorosamente labrada, pero por la cual envían los manes a la tierra las imágenes falaces. Prosiguiendo en sus pláticas con



**Dintel de la puerta de los leones en Micenas (estilo prehelénico de los siglos XVI-XV a de C)**

Palatino". (Libro octavo). Por restos arqueológicos se tiene la sospecha de que estas puertas pudieran ser trapezoidales, por motivos estructurales. Esta forma se encuentra también en las construcciones incas precolombinas y en templos mesopotámicos. En todos los casos se debe a que se obtiene un dintel menor para un máximo de hueco.

De los romanos procede básicamente la puerta plafonada tal como la conocemos

su hijo y la Sibila, despídelos Anquises por la puerta de marfil, desde la cual toma Eneas derecho camino hacia la escuadra y vuelve a ver a sus compañeros. Dirígese en seguida, costeando la playa, al puerto de Cayeta; allí echan anclas y atracan en la orilla". (Libro Sexto)

"Entonces la Reina de los dioses, desprendida del cielo, empuja con su propia mano las puertas, harto tiempo cerradas para su impaciencia, y haciéndolas girar sobre sus goznes, rompe las férreas vallas de la guerra" (Libro séptimo)



**Ruinas de Filipos. Siglo VI a. de C.**

hoy en día (bastidor más plafón), aunque se cree que tiene raíces etrusca, micénica y griega. El tablero del plafón se formaba con tablas grapadas o con un escueto ensamble de borde.

A partir de la arqueología no se ha podido reconstruir con exactitud cómo cerraban los huecos las casas romanas ni tampoco cómo era su uso: como curiosidad sabemos únicamente que los romanos llamaban a la puerta con el pie.

Las ruinas de Pompeya y Herculano, descubiertas entre los siglos XVIII y XIX, las norteafricanas, los escritos de Vitrubio y los relieves de los sarcófagos, que representan la vida cotidiana de aquel tiempo, muestran relieves de puertas con el patrón plafonado.

Las escasas referencias escritas (Apuleyo, Ovidio<sup>2</sup>, Plinio el Joven, Juvenal, Marcial) se ocupan más de las costumbres que de las cosas y de la arquitectura sabemos sólo que las puertas exteriores son de madera pero a veces los huecos interiores se cierran con tapices colgados.

Como elemento arquitectónico la puerta

<sup>2</sup>En la *Metamorfosis* de Ovidio, la puerta de entrada juega un papel decisivo en el éxito o fracaso de denuncias contra alguien. Una vez franqueada esta barrera, forzada la puerta, apenas queda un obstáculo para el pillaje. La puerta preserva la propiedad lo mismo que la moral.





### Ruinas de Pompeya

cobra cierta importancia en la vivienda popular, la *domus*, que coloca sus habitaciones alrededor de un patio central.

El acceso exterior es fruto de una compleja articulación de espacios de transición a través de pórticos y peristilos; fórmula muy beneficiosa para la carpintería ya que la protegía del sol y la lluvia.

En las *villas*, de alto rango social la puerta es objeto de un especial cuidado por parte de los constructores. Con frecuencia hay un porche que a veces invade la calle pero depende de la existencia de un peristilo, precursor de la galería cubierta actual. Suele ser de dos hojas, pero el

acceso habitual es por un postigo. Raramente se abren las dos hojas de par en par, sólo cuando el propietario da una recepción importante o, por las mañanas, cuando recibe el homenaje de sus amigos y clientes. Sistema, que como se ve, se ha mantenido a lo largo de los siglos.

El marco es muy importante, se flanquea de columnas con un dintel labrado (que a diferencia de los muros de relleno, son de piedra). De ahí se pasa a un vestíbulo o zaguán desde el que se anuncia al propietario y donde el visitante está vigilado por el *ianitor* (guardián) que dispone de un 'chiscón'. La *villas* más ricas tienen vestíbulos impresionantes para mostrar su nivel social.

En resumen, en la casa romana el entorno es más importante que la carpintería, lo que es lógico, pero nos hace suponer que ésta no debía desmerecer de aquel.



La puerta de bronce del Panteón de Adriano (siglo I a. de C.)

Los dibujos de Vitrubio (siglo III) no reflejan cómo eran las puertas y hemos de esperar a Alberti (siglo XV) para recrear el estilo clásico: un marco con dos plafones cuadrados y un moldurado muy sencillo, diseño básico recuperado en el Renacimiento.

Como todo gran imperio, los romanos controlaban, por razones estratégicas, la industria metalúrgica, y su cerrajería era de gran calidad.

Además del Pantheon, se ha conservado de la fase final del Imperio la puerta de la iglesia de Santa Sabina en Roma (siglo V). En madera de ciprés vista, nos muestra la habilidad en la talla y motivos decorativos más parecidos a la escultura funeraria, de un barroquismo poco acorde con la presunta sobriedad del canon clásico.



# Las puertas en la Edad Media y en el Renacimiento



## La vivienda medieval

La casa visigoda nos es totalmente desconocida porque no han quedado restos arqueológicos de importancia. La casa rural del Alto Medioevo era muy simple; una sola pieza que alberga a todo el grupo familiar; a lo sumo dos o incluso tres estancias donde se convivía con los animales; el fuego y el hogar; la cava donde se almacenaba el alimento. Son construcciones precarias, que hay que arreglar todos los años. Los muros son de entramado leñoso con relleno de adobe y cubiertas vegetales. Las viviendas de más categoría tienen muros de piedra, dos alturas y varias cámaras. Aunque muchas veces no hay ventanas, la puerta exterior, el portón, es muy importante como elemento de seguridad.

En la Baja Edad Media se aprecia una cierta mejoría; las ciudades y la vida burguesa desde el siglo XI propician la vivienda urbana. La escasez de suelo dentro de la muralla, pero también la protección térmica de los edificios, da

lugar a las viviendas medianeras en altura, con una tipología de plantas alargadas y estrechas, con estructura de entramado de madera. La puerta de la casa se abre normalmente a un corredor muy estrecho que da paso a dos aposentos, la tienda o taller delante y la sala o cuarto bajo detrás, y un patio. Una escalera de caracol en el fondo da acceso a las otras plantas<sup>3</sup>. En la planta baja, la puerta de entrada es

<sup>3</sup>Lo intrincado y estrecho de las calles, favorece el control térmico y la protección de estructuras y carpintería (no así frente al fuego, desde luego, donde son frecuentes los incendios devastadores). La nobleza y la alta burguesía conviven todavía con el pueblo llano en calles estrechas, fangosas y malolientes.

En los siglos XIV y XV se da un mayor refinamiento de la vida urbana. Es el florecimiento del gótico. La economía, más boyante, favorece la movilidad y efervescencia migratoria. La planta baja se dedica al comercio y a los talleres. Justo encima, viven los operarios. En los pisos superiores, las familias burguesas. Una o varias escaleras comunican los pisos que se subarriendan.

un elemento importante y permanece abierta durante todo el día.

Una silla apoyada, sirve para cerrar el paso y a veces se transforma en un mueble independiente tal como se menciona en inventarios de mediados del siglo XV. Se habla de sillas con respaldo que sirven para cerrar la puerta o para sentarse ante ella.

### **Puerta entablada medieval**

Es la puerta típica de la Alta Edad Media. Las tablas van unidas con elementos transversales clavados, bien metálicos o de madera. Más adelante van a media madera y machihembradas. En diseños más sofisticados, los travesaños se unen a un bastidor que recerca el conjunto. En muchos casos se conserva el refuerzo de llanta metálica.

La abundancia de madera y su basto labrado propiciaban escuadrías generosas, especialmente en las puertas de exterior, lo que convenía a sus funciones de protección en una sociedad muy violenta (las sociedades pacíficas han tenido siempre arquitecturas y cerramientos más ligeros). Los dispositivos de cierre son trancas, cerrojos y cerraduras de diversos tipos. Son puertas muy severas y muy sólidas. A nivel constructivo, lo más destacable es su limpieza formal gracias a que no existe cerco propiamente, formado por el propio muro. La rotación de la hoja se realiza en quicios: uno superior y otro inferior, de la fábrica, donde encaja el larguero de giro del que sobresalen dos pivotes. La hoja queda, pues, solapada a haces interiores. El quicio o quicialera está formado por un dado de piedra por donde entra el espigón (pieza superior), y una zapata con cazoleta o molinete (pieza inferior). El espigón se refuerza con una funda metálica que evita el desgaste de la madera y facilita el giro de las hojas y puede reforzarse con llantas, a todo lo largo, que refuerzan su unión al resto de la hoja y evitan su descolgamiento. Se recibe con un tocho

de azufre que protege al hierro de la corrosión.

En la parte superior la hoja se encaja en un dintel-cargadero de madera con sus correspondientes orificios para el quicio. Cuando la cazoleta no es de piedra sino de madera se produce una mayor holgura con el consiguiente desplome de la hoja. Esta disposición de la hoja impedía el forzamiento de la puerta y protegía a la madera de las inclemencias atmosféricas especialmente en la charnela. Con bajo riesgo de pudrición, elección de especies adecuadas (frondosas desprovistas de albura, como roble, castaño y algunas coníferas de elevada resistencia) y correcto secado, se aseguraba la buena conservación de este tipo de puertas.

Las puertas de interior son de entablado más fino adoptando las clásicas formas góticas, lobuladas etc. En su transición hacia la puerta gótica plafonada, aparece



**Puerta entablada gótica. Tours (Francia)**









Quicialera exenta del muro.  
Cazoleta superior



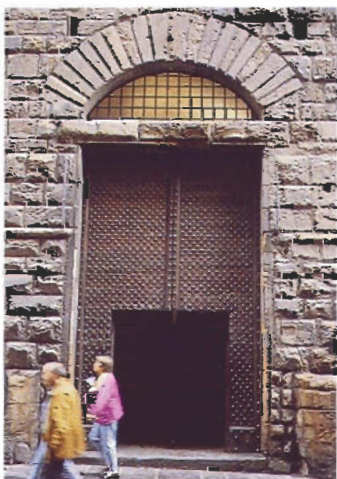
Quicialera. Dado inferior



Puerta tachonada. Detalle



Portones medievales y renacentistas entablados





**Puerta entablada barroca**

la puerta de cruz central y cuatro paneles/entablados: un diseño clásico por su belleza y funcionalidad (ver pág. 40). Aunque estas puertas son prototípicas de la Edad Media y el Renacimiento, su construcción perdura a lo largo de la historia hasta la arquitectura contemporánea.



**Puerta entablada lisa (las juntas van machihembradas)**



**Puerta entablada tachonada del siglo XVI**

### **Puertas tachonadas**

Los portones burgueses incorporan clavos de cabeza ancha, densamente dispuestas y encuadrando tableros. El refuerzo del empanelado (alguazas) es una suerte de blindaje en este punto vulnerable del edificio, con diseños simples o extraordinariamente complejos, bellos y eficaces, que alcanzan su cénit en iglesias y catedrales españolas, francesas e inglesas (Notre Dame de Paris y la catedral de Canterbury, por ejemplo). En Alemania se usa el bronce en lugar del hierro (catedral de Marburgo, 1495). Las aldabas, tiradores y pomos tuvieron también un gran desarrollo y eran ocasión de ricas ornamentaciones. Los clavos de cabeza en "gota de sebo" o plana trabajan como elementos de refuerzo y de unión.

La gran altura del portón se justifica por el paso de las caballerías.



# Puertas apeinazadas del Renacimiento



Puertas del Monasterio de El Escorial restaurándose en la Escuela-Taller del mismo nombre

## Puertas castellanas del Renacimiento español

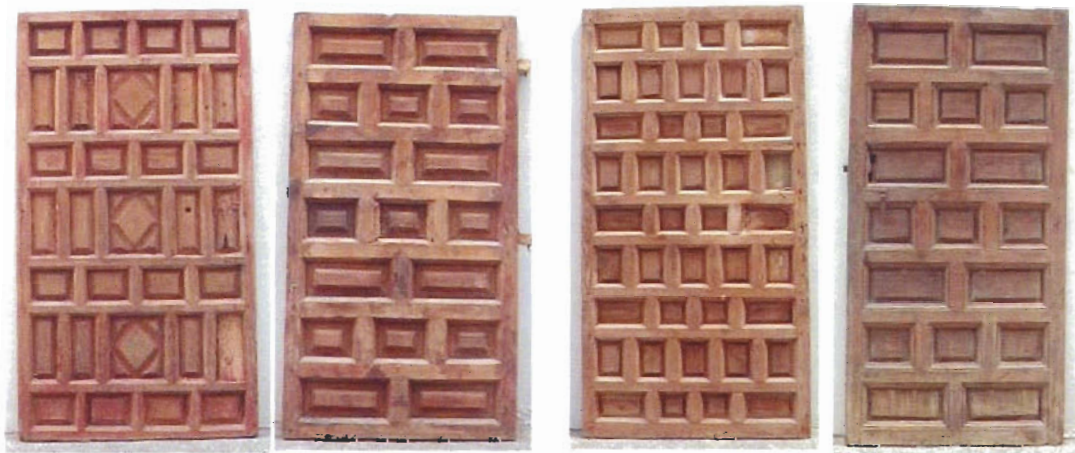
Al final de la Edad Media se va imponiendo en España la moda de las puertas apeinazadas. Los peinazos son largueros y travesaños que dividen el paño, enmarcando cuarterones o cojinetes de dibujos variados. Los cuarterones pueden recibir un sencillo labrado central, con formas geométricas y aristas molduradas.

Es la puerta española por excelencia y así es conocida fuera de nuestras fronteras. Su colocación en el Escorial con cerca de 1.200 unidades (finales del siglo XVI) y su presencia en cuadros de pintores españoles del siglo de oro, como Velázquez (*Las Meninas*), Zurbarán, etc. muestran que se trata de un elemento decorativo de moda. Es por tanto en origen, una puerta noble y casi de lujo aunque más tarde cambiaran sus connotaciones.

Con el Barroco los peinazos se complican, pasando de simples tramas rectangulares a complejos ensambles de lacería, de influencia árabe.

La puerta apeinazada se llamará con el tiempo puerta castellana. Denominación acuñada desde muy antiguo, para diferenciarla de la puerta entablada o tablerada, más barata y de menos categoría, tal como consta en contratos de carpintería de la época.

La puerta castellana es una puerta que exige mucha maestría y alto conocimiento



Puertas castellanas del siglo XVI



de la geometría para resolver la profusión de complicados ensamblés entre sus partes.

El trabajo de cuarterones y el lazo de cola de milano tiene, para algunos, reminiscencias egipcias y romanas llegadas a través de los árabes.



Puertas apeinazadas de lacería (convento de las Descalzas de Madrid y parroquia de Ecija)



# Puertas orientales



Puertas árabes labradas y taraceadas

## Puertas de lacerío y labradas árabes

En las puertas árabes y del Magreb, como el resto de su arquitectura, el mandato religioso de evitar las representaciones figurativas propicia formulaciones geométricas con profusión decorativa que encuentran en las puertas un buen campo de desarrollo: puertas labradas, de celosías y torneados.

## La puerta china y japonesa

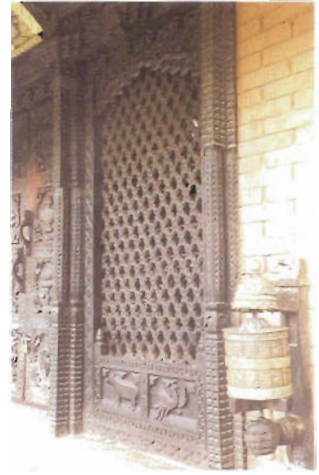
En el extremo opuesto las puertas del Lejano Oriente buscan una mayor simplicidad. La puerta china tradicional tiene dos cuerpos. El superior es de celosía con un fondo de papel de arroz decorado con dibujos y caligrafías. El embarrotado de sujeción no forma una cuadrícula sino rastreles paralelos de extremo curvado. Suelen ir pintadas o lacadas en color rojo. El inferior es macizo, de madera.

China aporta a la carpintería y al mueble europeo, sus acabados, en especial el lacado, que se incorpora a las hojas en el Barroco.

La carpintería japonesa clásica es más estilizada. En las viviendas dominan los paneles deslizantes que reciben diversos nombres según sean interiores o exteriores, opacos o translúcidos. La más interesante es la puerta deslizante -shoji- que tiene una celosía de madera ortogonal y un cerramiento de papel de arroz o morera. Tiene 1,70 metros de







**Puertas plafonadas y entabladas de Vietnam**

**Puerta de celosía en Baktaphur (Nepal)**



**Puertas correderas forradas de papel de arroz en el Palacio de Katsura (Japón)**

altura y 0,90 m de ancho y dividía las habitaciones. Los paneles deslizantes opacos -o fusuma- son de 74" x 80" (1,80

x 2,00 m). Los exteriores se denominan amado.



# La nueva puerta plafonada



## **Puerta plafonada gótica y renacentista**

La reaparición de la puerta plafonada, abandonada desde los romanos, está directamente relacionada con el desarrollo de nuevas herramientas y productos (sierras y cepillos, chapas finas). Se basa en el fino labrado de la madera maciza de los bastidores y en la posibilidad de formar tableros de pequeño espesor para el plafón central. Las sierras permiten cortar la madera en tablas muy delgadas y los cepillos pueden biselar el panel, los recercados y ensambles.

En los siglos XIV y XV la carpintería gótica del mobiliario (frentes empanelados en sillerías, coros, arcas y frisos) se acaba introduciendo en la puertas con adornos 'de pergamino' que imitan lienzos plegados verticalmente o con tracerías y guarniciones góticas. En esta época se inicia el moldurado o 'matado' de las aristas.

Mientras en España triunfa la puerta apeinazada, el Renacimiento italiano introduce grandes plafones de formas

sensiblemente cuadradas, que encajan en las ranuras de los bastidores mediante un perfil rebajado. Limpieza y simplicidad de las formas que busca adaptarse a la sobriedad del conjunto edificatorio, recuperando la tradición greco-romana. Su mayor incidencia es en las puertas de interior, ya que las exteriores siguen ofreciendo un aspecto macizo y cercano a la estética medieval.

En Inglaterra, el Renacimiento se adapta a través de los estilos Tudor y Estuardo. Los empanelados son también rectangulares pero muy influenciados por la Edad Media. Dentro de las especies de maderas se aprecia especialmente el Roble. En Francia el Renacimiento también se introduce y adopta un estilo 'medievalizante' del que nos han llegado magníficos ejemplos en los *chateaux* de la época.

Después del Renacimiento las puertas plafonadas continuaron su evolución, en el Barroco, Rococó y Neoclásico, adaptándose a sus juegos formales y acabados propios.



Puertas renacentistas plafonadas de transición medieval





Puertas renacentistas plafonadas

### La puerta plafonada barroca

El barroco nace también en Italia en torno a 1600 y de ahí pasa a sus países vecinos. Es un arte en movimiento, con formas onduladas y desencajadas, retorcidas, que buscan el juego de luz y sombra, la ostentación y lo irracional. Este tipo de decoración alcanza también a las puertas.

En Francia el barroco tarda en introducirse y domina el estilo Luis XIII que es todavía bastante geométrico. En las puertas, los plafones tienen formas rectangulares y romboidales fundamentalmente, pero a partir de 1660, con Luis XIV, y se empieza a imponer, aunque moderado por un cierto

ideal clásico de orden, razón y medida, que tiene al palacio de Versalles como paradigma.

En las puertas se da un cierto equilibrio entre simplicidad y ornamentación: superposición de paneles con molduras en ángulos rectos y pequeñas curvas pero con una rica ornamentación en elementos superpuestos (los dorados sobre fondo blanco en las puertas de los palacios).

En el siglo XVIII se produce una síntesis entre el clasicismo arquitectónico y el barroco decorativo con los estilos Luis XIV, Luis XV y Luis XVI, los cuales se extienden prácticamente toda Europa debido a la





Portones renacentistas de Florencia

gran influencia cultural francesa tras la Revolución.

Tipológicamente son puertas con dos o tres plafones donde el testero toma una forma ondulada con quiebros agudos, en una disposición compleja que acaba afectando a los otros travesaños pero manteniendo cierta simetría. Sea cual sea forma, el principio constructivo siempre es el mismo. Un bastidor moldurado formado por dos largueros y dos o tres travesaños/testeros con curvas cóncavas y convexas unidos entre sí a caja y espiga. El repertorio decorativo comienza siendo muy profuso: trofeos, guirnaldas, motivos florales, etc. pero con el tiempo se van moderando. Inicialmente aparecen muchos materiales: dorados, bronce, incrustaciones de marfil, nácar, apliques de bronce, espejos, lacas y taraceas de maderas exóticas (caoba, palisandro, palo rosa, etc.) para acabar simplificandose progresivamente.

La puerta Luis XV libera y descarga las formas del Luis XIV, redondea los ángulos de plafones y bastidores, se decanta por la rocalla, las fantasías de frutas, las flores y cintas. Los acabados siguen siendo lacados, blancos y dorados en los edificios representativos, mientras en la arquitectura doméstica y en exteriores se deja vista la madera.

En Inglaterra, el Barroco se adapta a través del estilo Reina Ana que es más moderado que el francés. Emplea nogal, arce y pino vistos.

### La puerta plafonada en los siglos XVIII y XIX

Esta nueva puerta plafonada tiene formas más contenidas que en el siglo anterior con su clásica moldura de contorno de ballesta (contour á l'arbalète) y se extiende igualmente por toda Europa.

A nivel tecnológico el siglo XVIII es importante por la aparición de las primeras

descripciones de fabricación de puertas plafonadas en la Enciclopedia Diderot y D'Alambert (un diccionario razonado de las ciencias y las artes). Por ella se conocen las técnicas, las escuadrías más habituales y las herramientas empleadas en la carpintería.

El plafón central es una pieza de madera encajada a presión en un rebaje practicado en el bastidor con bordes afilados.

Se enriquece mucho el catálogo de molduras de los bastidores gracias a los cepillos de cuchillas curvas.

La junta entre hoja y cerco también se hace más compleja con perfiles a resalvo (galceado), en cuello de cisne o en boca de lobo.

Los nuevos estilos de finales del XVIII y comienzos del XIX en Francia (Neoclasicismo y Regencia, Luis XVI, Directorio, Imperio y Restauración) y en Inglaterra (Chippendale y Sheraton) recuperan las líneas rectas y la madera vista, diferenciándose del Rococó en la sustitución de la madera pintada y lacada por severos chapados oscuros (especialmente de caoba americana). La

taracea tiende a desaparecer y los paneles de las puertas ganan en sobriedad recuperando la puerta su espíritu funcional. En España tenemos el magnífico ejemplo de las puertas y carpintería de la sala de maderas finas de El Escorial. (pág. 45)



Detalles de puertas estilo Luis XIV



Portón Luis XIV



Portón Luis XV



Portón Luis XVI





Cuatro puertas estilo Luis XIII



Tres puertas estilo Luis XIV

Puerta plafonada Regencia

El siglo XIX se caracteriza por la recuperación de los estilos historicistas, especialmente el Renacentista (Neoclásico) y el Medieval (Neogótico) lo que degenera en un eclecticismo que toma elementos de todos los estilos anteriores. El resultado en las puertas es una mezcla de elementos fundamentalmente procedentes de los estilos Luis XIV, Renacentista, Imperio y gótico. Tiene como consecuencia la recuperación de determinadas artesanías en decadencia en lucha frente a la industrialización.

Si el siglo XVIII está dominada por la puerta Luis XIV y sus sucesivas versiones, el XIX es el siglo de la puerta victoriana, que utiliza elementos geométricos elementales pero con aditamentos barrocos.



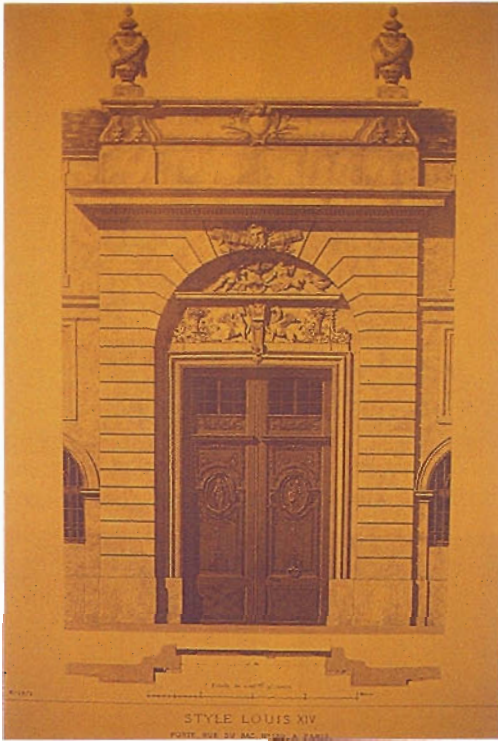


Lámina Luis XIV

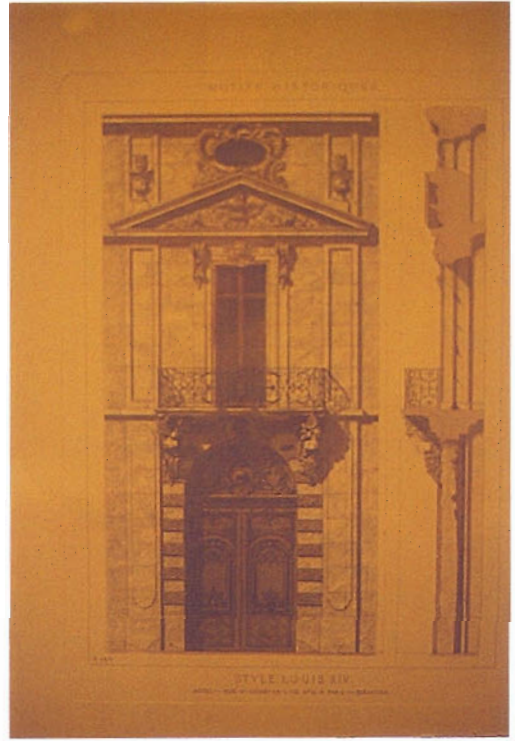


Lámina Luis XIV

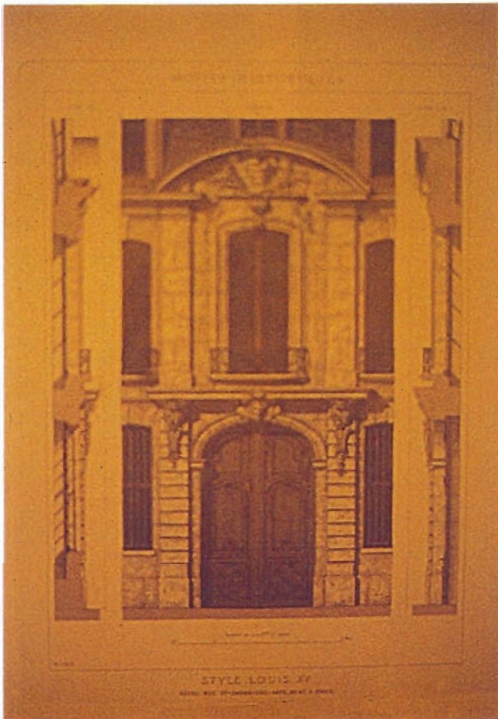


Lámina Luis XV

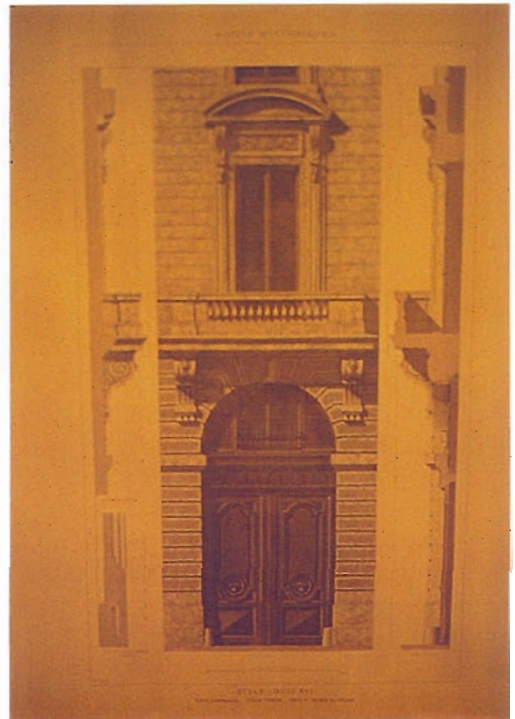


Lámina XVI

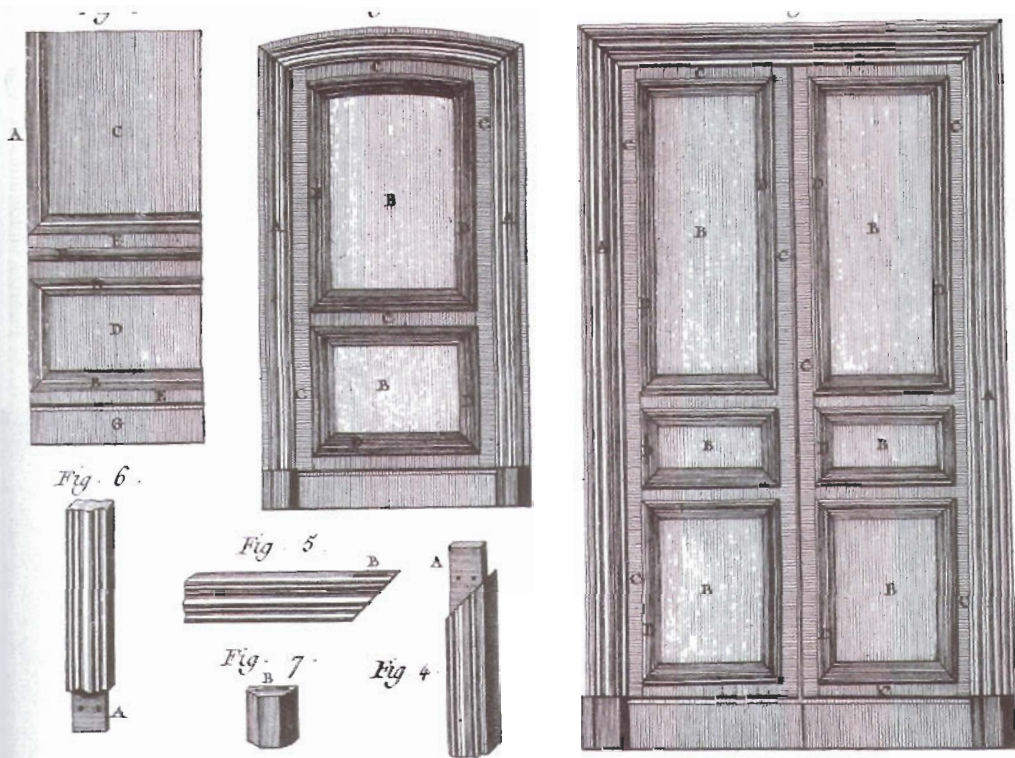


Lámina de la Enciclopedia Diderot y D'Alambert dedicada a las puertas plafonadas



Palacio de Cimabue (Florencia)



Sala de Maderas finas de El Escorial





Puertas victorianas del siglo XIX



Portones eclécticos del siglo XIX

# Nuevos estilos a comienzos del siglo XX



Puertas casa Batlló (Antonio Gaudí)

Los nuevos estilos, el Art Nouveau (denominado Modernismo en España, Jugendstil y Secesión en Alemania, Modern Style en Inglaterra y Liberty en Italia) suponen una cierta recuperación de la carpintería tradicional de madera artesanal.

El arquitecto más importante del momento es posiblemente Antonio Gaudí que dejó, junto a su espectacular arquitectura, puertas y carpinterías de gran belleza. La Gran Guerra de 1914 puso trágico fin al

modernismo y a otros excesos culturales y supuso una vuelta a la moderación en los diseños, que sólo recuperaría su alegría en los años 20, el Art Déco de la Belle Epoque, estilo eminentemente decorativo con gran influencia en centroeuropa y EEUU (especialmente Nueva York).

En todos estos estilos la puerta plafonada mantiene su estructura, siendo el bastidor o el plafón el que recibe la ornamentación, naturalista o geométrica de cada moda.

Puertas de la Casa Batlló (Antonio Gaudí)



Puerta Colegio Teresiano (Antonio Gaudí)





Puertas de la casa Vicens (Antonio Gaudí)

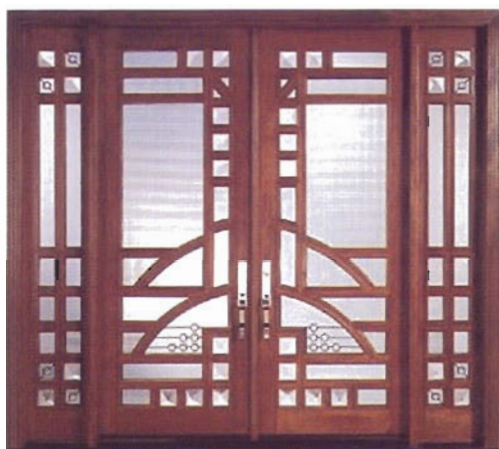
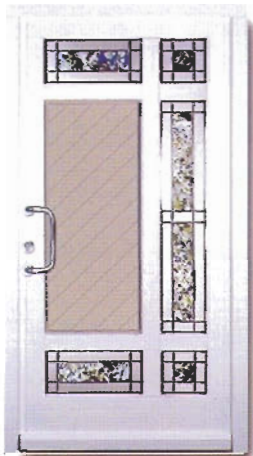


Cámara de Comercio de Nancy

En los años 30 aparece un nuevo movimiento con mayor vocación de permanencia, el racionalismo, que se caracteriza por su vinculación al proceso de industrialización de los elementos de construcción. Es el momento de la aparición de la puerta plana, gracias al desarrollo del tablero contrachapado, aunque ésta no se impone definitivamente hasta los años 50,

momento en que las ideas del racionalismo cristalizan en el llamado Estilo Internacional.

Mientras tanto, la puerta plafonada se sigue realizando de forma tradicional con sistemas más mecanizados, cayendo finalmente en desuso por su falta de competitividad frente a los sistemas industrializados.

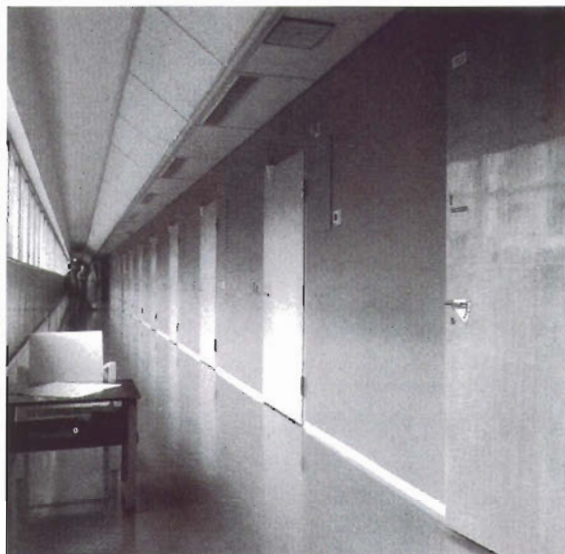




Puertas Art Déco



# Las puertas en España en el siglo XX



Puertas planas en el sanatorio de Otaniemi  
(Alvar Aalto, 1954)

En España se han seguido en estos siglos las mismas evoluciones estilísticas que en el resto de Europa, aunque con un cierto retraso y adaptaciones peculiares. Sin embargo desde mediados de siglo la carpintería toma un carácter especial y gana la delantera en algunas nuevas tipologías.

## La nueva puerta castellana

La puerta de estilo castellano conocida fuera de nuestras fronteras como la puerta española por antonomasia, tuvo su cénit en los siglos XVI y XVII pero siempre se siguió fabricando.

En la década de 1960 conoció un resurgimiento en nuestro país, llegando a ser un interesante producto de exportación junto con los muebles del mismo estilo. Se llegó incluso a trabajar en su normalización acorde a las directrices de la UEATC aunque no se llegó a culminar ya que la mayoría de los carpinteros dejaron de

fabricarla y se pasaron a la puerta plana. Estas puertas unían a su carácter funcional, un aspecto decorativo primordial. Se aprovechó con ello una estética casticista, ligada a un cierto renacimiento cultural y económico español que conectaba bien con los valores políticos del momento. Por otro lado la fabricación se acomodaba bien a la disponibilidad de las maderas nacionales, con escuadrías pequeñas ya que por la autarquía, España no importaba madera desde la Guerra Civil hasta 1959, con el Plan de Estabilización Económica, si bien desde Guinea Española llegaban bastantes especies tropicales. La puerta castellana de gama baja tuvo en nuestro país un mercado fundamental en la segunda vivienda, la cual conoció un desarrollo espectacular en aquellos años de bonanza económica mientras la puerta castellana de gama alta mantenía su mercado en edificios representativos, hoteles, etc.

# La puerta plana, una revolución tecnológica

Las puertas planas han sido infrecuentes en la arquitectura por la dificultad de cubrir paños tan grandes con un sólo tablero. El único antecedente era un tipo bastante extendido desde el siglo XIX que se formaba con un entramado de tablas machihembradas de la misma escuadría que el bastidor en disposición ortogonal y cuajando toda la superficie. Es una puerta que recuerda ligeramente a la apeinazada pero con superficie plana.

Comienza a introducirse en la década de 1950 por un cambio en la decoración de los hogares. Se impone como estilo internacional basado en la sencillez pero aportando una cierta estilización o 'styling' (como se le llamó en EEUU país donde más se desarrolló).

En este cambio intervienen, además, razones de orden técnico: desarrollo de nuevos tableros y adhesivos y técnicas de prensado de grandes superficies. Los nuevos adhesivos eran capaces de fijar los elementos superficiales del tablero contra el núcleo o esqueleto central, produciendo un elemento tensado, plano, rígido y estable.

La maquinaria evolucionó. Los talleres se especializaron, transformándose en fábricas, con un único producto en catálogo, pero con series mayores. Se reduce el tiempo de fabricación y, por tanto, el coste, haciendo un producto mucho más competitivo que la carpintería tradicional. La optimización de materiales y la normalización dimensional empezó a cobrar importancia en un momento en que empezaba a acuciar la escasez y carestía de madera maciza y la competencia de los nuevos materiales (fundamentalmente el plástico y el metal).



Nuevas versiones de la puerta castellana



El ahorro de madera, en efecto, era notable.<sup>4</sup>

### Primeras puertas planas en España

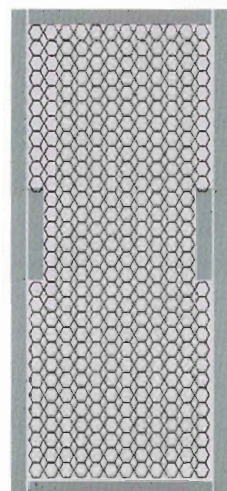
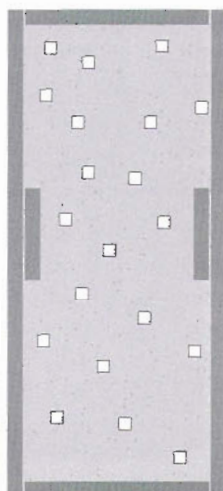
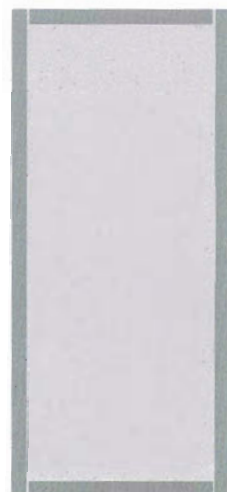
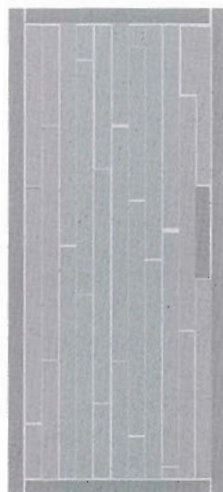
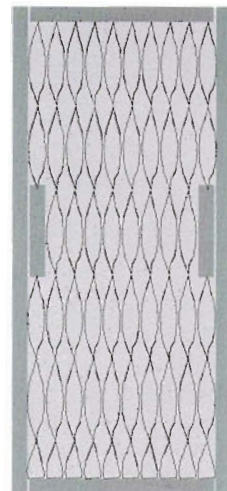
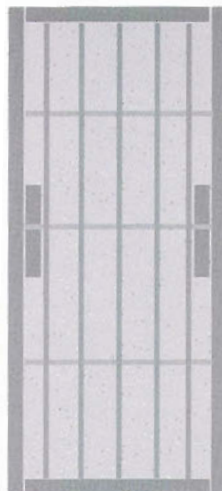
En nuestro país la puerta plana se empezó a fabricar en el seno de una estructura manufacturera tradicional. Debido a las características del producto empezaron a producirla grandes fabricantes, algunos grupos ligados a intereses madereros de las colonias españolas y grandes carpinterías familiares que evolucionaron hacia un modelo más empresarial.

Desde finales de los 50 hasta finales de los 70 la puerta plana se impuso totalmente en las obras hasta la aparición de las nuevas puertas carpinteras industriales en los años 80.

Una vez popularizadas, la estructura de estas puertas era muy similar en todos los fabricantes: bastidor de largueros y testereros de pino, alma alveolar de papel o cartón y paramentos de tablero contrachapado.

Esta homogeneización de la producción produjo un mercado muy duro donde era preciso competir en precio ajustando los materiales con unos estándares de calidad adecuados.

De las primeras puertas que se vieron en el mercado español la más conocida fue la puerta "tipo MARGA", aunque la PLUMA WERNO, de VILARRASA fue las primeras en aparecer junto con la de NORMA y la de Rivex.



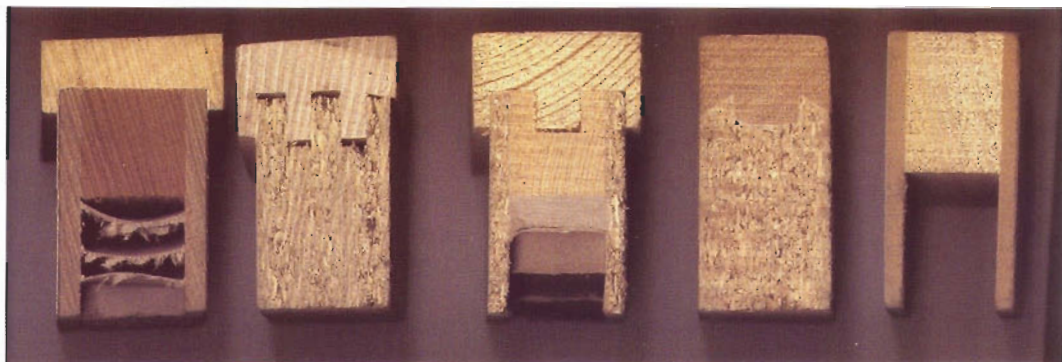
<sup>4</sup>Los cálculos de la época estimaban un empleo de 0,041 m<sup>3</sup> de productos forestales por puerta: 49% de tableros y 51% de madera aserrada con un 40% de desechos de aserrado.



**Puertas planas del seminario de San Pedro Mártir. Miguel Fisac. Madrid 1955. Todavía de construcción artesanal**







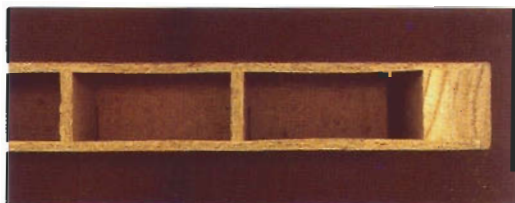
Distintos recercados de puertas planas

## La nueva puerta plafonada

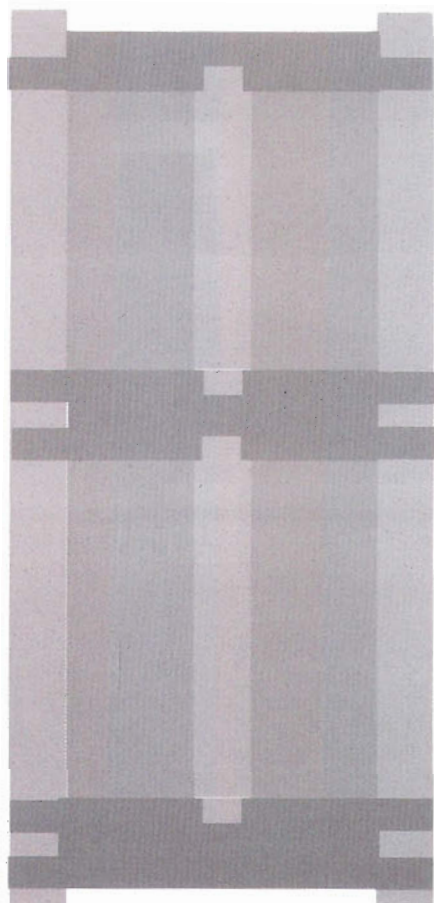
### La puerta plafonada tradicional

La puerta plafonada tradicional constaba de un bastidor y uno o varios plafones intermedios de 25 a 32 mm de grueso que encajan libremente en unas ranuras del bastidor, sin cola, pudiendo así absorber sus movimientos estacionales de hinchazón y merma (posteriormente se introduciría el plafón de tablero contrachapado que al eliminar los movimientos higrotérmicos permitía ser encolado al bastidor).

El bastidor se formaba con largueros de 45-50 mm x 115 mm y peinazos de 45-50 x 115 mm (225 mm en el testero inferior o cabio) unidos a caja y espiga, abierta y acuñada en los peinazos, y a media madera acuñada en los cabeceros. Todos los ensambles se enclavijaban con zoquetes (clavos de madera cuadrada) después de preparar los orificios con berbiquí. Los peinazos se encajaban con emboquillado, un trabajo complicadísimo, especialmente en los ingletes, que se debían ejecutar con sierras finas que



Trillaje de tablero en una puerta plana, una pequeña revolución en las puertas alveolares



Armado clásico de la puerta plafonada en madera maciza



Jaquiloca

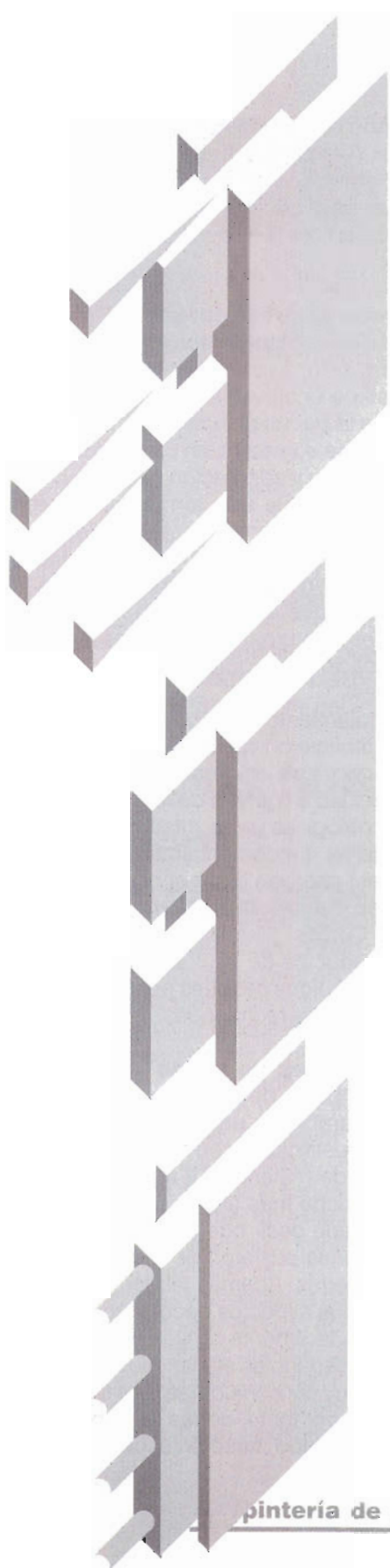


requerían un afilado y triscado especial. El emboquillado se perfeccionó mucho con la jaquiloca, una herramienta ajustable a la tupí que no producía junta recta entre bastidor y plafón. La jaquiloca se solía realizar a un haz (la cara aparente) puesto que complicaba y encarecía mucho la puerta. La cara interior quedaba con entramado de tablas.

El plafón se formaba con tablas ensambladas y ensartadas por detrás con una tabla transversal en cola de milano, para sujetar perfectamente el tablero.

La puerta se embellecía con relieves de molduras macizas, labradas en el propio bastidor o sobrepuestas al tablero central. Cuando se rebajaba el bastidor dando una apariencia prominente, se denominaba moldura prominente o sobresaliente (ésta se ingletea sobre la junta del bastidor).

Un ensamble de gran estanqueidad en puertas de exterior entre bastidor y plafón





es cuando el plafón solapa por fuera al bastidor. (Ver página 366).

Las molduras se fijaban con clavos, grapas y clavijas en el plafón pero en el bastidor se encolaban ya que requerían mayor sujeción.

### **La nueva puerta plafonada industrial, actualización de un clásico**

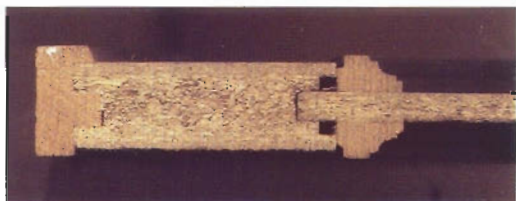
Después de unos veinte años de hegemonía de la puerta plana, la puerta plafonada se sometió a un proceso de remozamiento y adaptación para ser industrializada. De esta forma aparecieron las llamadas comercialmente puertas carpinteras (en Francia se llamaban igual, 'menuisés'); en realidad eran las antiguas plafonadas, que aprovecharon los nuevos materiales (tableros) y las nuevas técnicas de fabricación (moldureras, rechapadoras y prensas).

En el agotamiento del ciclo de la puerta plana intervinieron razones estéticas (una mayor riqueza en los paramentos frente a la simplicidad y ligereza de la puerta plana) y las tecnológicas ya apuntadas.

Los tableros (fundamentalmente de partículas) pasaron a ser el componente básico en detrimento de la madera maciza. Cercos, junquillos y tapajuntas, últimos reductos de la madera maciza, fueron sustituidos después por tableros de densidad media rechapados.

### **Otras razones de fondo**

Pero la irrupción de la puerta carpintera se debió también a una estrategia inmobiliaria que justificaba, con una mayor presencia de materiales y acabados, los precios mucho más altos de las viviendas. Así, se puede decir que fueron las inmobiliarias quienes pusieron de moda este tipo de puertas. Además las formas más ricas, por sus aspectos decorativos combinaban más fácilmente con los muebles, donde los españoles se han mostrado siempre muy conservadores. Los fabricantes fueron, por tanto, detrás de lo que les pedía el mercado, tanto en especies de



**Alzado y sección clásica de la puerta carpintera industrial**

chapas como en acabados (barnizado o lacado) salvo algunos carpinteros, especialistas en gama alta, que se fueron adaptando más a diseños de arquitectos. Lo habitual en cambio era adaptarse al catálogo, a lo estandarizado, fundamentalmente por cuestión de precios, por ser la carpintería una partida importante del presupuesto de la vivienda.

En España la vivienda era muy cara y las puertas, como los muebles, se cambian muy poco, como mucho dos veces en la vida.

### **Estilos y acabados**

Estilísticamente la puerta plafonada es una puerta que no innova. Recoge una mezcla de estilos entre provenzal y Luis XIV.

Los catálogos aunque inicialmente no muy extensos se fueron enriqueciendo gracias a la tecnología del control numérico.

En cuanto a los acabados, éstos han sido a lo largo de los años casi los únicos factores de cambio. Aunque las maderas claras dominan últimamente a las rojas (invirtiendo la tendencia de años anteriores), en realidad se acaba fabricando bajo pedido con todo tipo de chapas en cantidades que al final son equivalentes. La puerta lacada ha tenido un gran auge en los últimos años, pese a tener limitadas sus posibilidades de 'casar con' mobiliario.

El valor añadido del producto viene en último extremo por el acabado -barnizado o lacado (en realidad se suele entregar prelacada)- y los complementos (herrajes y vidrios artísticos, sistemas de cercos y tapajuntas flexibles y, adaptables a diferentes grosores de pared, unidad de hueco completo, sistema kit, etc.)

### La puerta carpintera en la actualidad

Junto a las razones estilísticas y tecnológicas apuntadas, la nueva puerta carpintera se impuso por razones de precio -una puerta de madera maciza necesita una materia prima que actualmente escasea en cantidad, calidad y precio, y el hundimiento de la industria de tableros contrachapados de maderas tropicales-, por razones técnicas -su estabilidad dimensional- y por criterios de 'economía ecológica' -el empleo masivo de tableros aglomerados evita el aprovechamiento de madera de mayores escuadrías y menores cerramientos-. Actualmente el 10-15% de la madera utilizada es maciza, (con diámetros de tronco de más de 20 centímetros), y el resto se fabrica con especies de crecimiento rápido y reciclado.

Además, en los últimos años se han ido introduciendo productos (papeles, plásticos) que imitan perfectamente la veta y los vasos de la madera, de forma que a la vista y al tacto, no se distinguen con facilidad.

La normalización dimensional, ya totalmente admitida para las puertas planas, continuó en las carpinteras y permitió



Alvar Aalto. Iglesia de Seinajoki

primeramente la fabricación a stock, con automatización y regularidad de la calidad, y después bajo pedido, gracias al control numérico.

Por este motivo actualmente se puede producir, bajo catálogo, con plazos de entrega de 20-30 días sobre pedido.

## Tipologías que perviven

Prácticamente todos los tipos que han aparecido a lo largo de este capítulo se siguen fabricando en la actualidad.

Las puertas entabladas ofrecen más variedad de dibujos y configuraciones, pero por su mayor dificultad de fabricación y por la carestía de la madera maciza, tienen un mercado limitado en puertas de interior, aunque se han hecho muchos diseños interesantes. Su mayor mercado está en países anglosajones y centroeuropeos. Donde sí tienen plena vigencia es en puertas de exterior por su adecuado comportamiento frente a las inclemencias atmosféricas.

Las apeinazadas y castellananas han estilizado y simplificado sus dibujos con lo que han perdido su gracia original. Una variante de interés es la puerta colonial. Inspirada en la castellana, tiene gran aceptación en mercados latinos y en Norteamérica.





**Diversos tipos de puertas entabladas actuales**

En el terreno de las plafonadas se han consolidado varios diseños.

En primer lugar está la puerta provenzal, que es una versión popularizada de la puerta Luis XIV y Luis XV.

En segundo lugar están las puertas victorianas y tudor con versiones simplificadas. En ambos tipos existen versiones rústicas muy apreciadas en el mercado norteamericano y anglosajón.

Por su parte las puertas planas siguen manteniendo su mercado, tanto en alveolada como en maciza, bien en su versión clásica lisa como en diseños más atrevidos. En Centroeuropa y en los países

nórdicos se da un tipo de puertas planas de diseño tipo Art Déco o Pop Art.

La puerta vidriera se ha ido adaptando, por su parte, a todos los estilos mencionados. En las puertas orientales se ha producido una absorción de los modelos occidentales. Sin embargo en Japón se sigue fabricando el shoji con técnicas actuales y se realizan versiones y adaptaciones modernas.



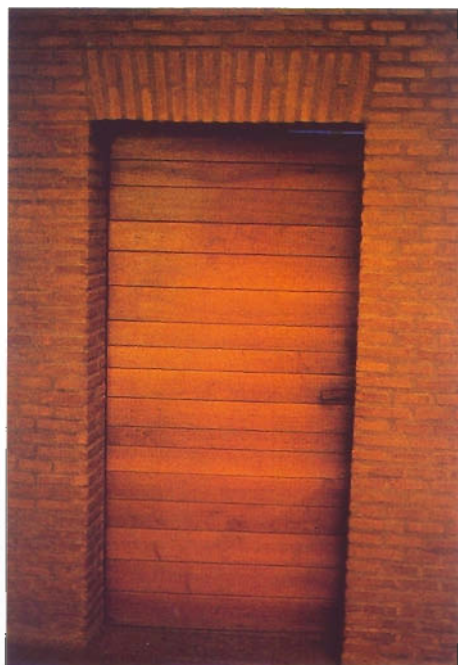
Puerta entablada exterior de Fisac



Puerta entablada de Alvar Aalto. Universidad de Otaniemi



Puertas entabladas de interior (Dominicos de Alcobendas de Miguel Fisac)







Puertas plafonadas provenzales de construcción actual



Puertas plafonadas de plafones rectos



Puertas coloniales actuales



Puertas italianas contemporáneas

### Desarrollo del bloque-puerta

La unidad de hueco de puerta, es el último eslabón de la evolución de las puertas industriales y se ha adaptado a las nuevas necesidades de la construcción modular y seca. Viene totalmente acabada de fábrica y su colocación es muy ventajosa.

La presentación en forma de kit es la última revolución del bloque, ya que facilita enormemente el embalaje y transporte. Ver págs 122 y 123.





Puertas planas de estética centroeuropea y nórdica



Puertas victorianas



Puertas rústicas de distinta configuración

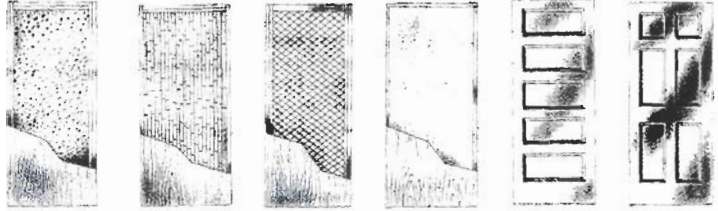




**Puertas vidrieras contemporáneas**



# Diseños y tipologías de puertas



## Clasificación de puertas<sup>1</sup>

### Exteriores

Son aquellas que se hallan expuestas en una o dos de sus caras, a la acción directa de los agentes atmosféricos (lluvia, nieve, niebla, rayos solares, etc.)

Por su modo de apertura suelen ser abatibles y solo pueden ser de madera maciza con construcción entablada y encasetonada o plafonada. PEX

### Interiores

Son aquellas destinadas dentro de un edificio, quedando consiguientemente protegidas de la agresión de los agentes atmosféricos.

### Puertas de entrada PEN

Por su función suelen ser ciegas y por su modo de apertura, abatibles.

### Puertas de paso

Por su función pueden ser ciegas o vidrieras (extensión de las ciegas)

Por su ubicación pueden ser:

Salón	PS
Cocina	PK
Dormitorio	PD
Baño	PB

Por su modo de apertura

Abatibles con mano derechas o izquierdas (según agujas del reloj) PA

Vaivén con giro de doble acción PV

Correderas: Entre tabiques PCE  
Adosada a tabiques PCA

Plegables de dos o más hojas con guía superior PP

### Puertas de armario<sup>2</sup>

### Frentes de obra

Por su función son ciegas

### Armarios modulares

Por su modo de apertura son

Abatibles AA1, AA2, AA3,...

Correderas AC2, AC4, AC6 (siempre pares)...

Plegables AP1, AP3, AP4,...

### Hoja

Se clasifican por su constitución o tipo estructural en:

### Planas

Por el tipo de alma se clasifican en alveolada, llena o alveo-llena

Por el tipo de caras se clasifican en lisas, con molduras y en bajo-relieve

### Carpinteras o en relieve

El alma siempre es llena

Las caras pueden ser entabladas, encasetonadas o plafonadas

### Especiales

De seguridad: blindadas y acorazadas

Resistentes al fuego

Aislantes térmica o acústicamente

En este capítulo se hablará inicialmente de hojas, cercos y elementos auxiliares (precerco y tapajuntas) mencionando al final la unidad de hueco completa. Por convención nos referimos a la hoja llamándola puerta.

<sup>1</sup>Se ha seguido la denominación empleada por la empresa Guillén Industrias de la Madera, por ser de fácil de recordar y comprender. Las siglas habituales utilizadas en los proyectos (P1, P2, etc.) no dan información suficiente y muchas veces son fuentes de errores para los carpinteros en obra.

<sup>2</sup>No se desarrollan en este libro



# Puertas planas

La puerta plana consta de un bastidor de madera maciza, un alma y dos paramentos de tablero. Las caras se encolan simultáneamente al bastidor y al alma logrando un conjunto de gran rigidez.

En los diseños iniciales se producía un punto de máxima tensión en el perímetro que formaba el bastidor, por lo cual éste debía ser suficientemente robusto con una anchura mínima del perfil.

El canto podía convertirse en un punto débil por la entrada de humedad en el borde del tablero contrachapado, lo que se solucionó con un canto o recercado de forma rectangular, en bisel, en cola de milano o engargolada.

## Bastidor

Es el marco de madera que forma el perímetro de la hoja en el que se fija el paramento. Está compuesto por cuatro piezas de igual escuadría; las dos de mayor longitud se denominan largueros y las dos menores, testeros. Por lo general son de madera maciza a pesar de que se ha intentado repetidamente cambiar a productos laminados o materiales compuestos y tableros de fibras de densidad media. Sólo últimamente se están introduciendo tableros laminados, perfiles alistonados y madera microlaminada (LVL). Al ser un elemento oculto se presta al uso de piezas empalmadas con uniones dentadas (no a tope porque no trabajarían a flexión) pero para que sea rentable se necesita maquinaria automática que lo realice.

Para los bastidores de puertas planas se emplean coníferas (en España fundamentalmente el Pino radiata y el abeto).

El bastidor tiene un armado variable; generalmente se une a tope con grapas para sujetar ya que la unión con caja y espiga supone una operación más. Generalmente se colocan dejando que los testeros ocupen todo el ancho de la puerta para facilitar el corte continuo en caso de ajuste en obra, pero la solución inversa también es válida.

El bastidor debe tener un ancho mínimo para garantizar su resistencia mecánica: igual o superior a 30 mm (según la práctica constructiva habitual que recogió la norma UNE 56.803-90). El testero inferior (si la puerta lleva marcada su posición de uso) frecuentemente tiene un ancho mayor por si hay que ajustarla en obra.

Los dos testeros deben llevar orificios o ranuras de ventilación que tienen una doble finalidad: expulsar el aire caliente que se produce al ser prensados en fábrica y favorecer la estabilidad dimensional de la puerta ante los cambios higrotérmicos durante su vida de servicio.

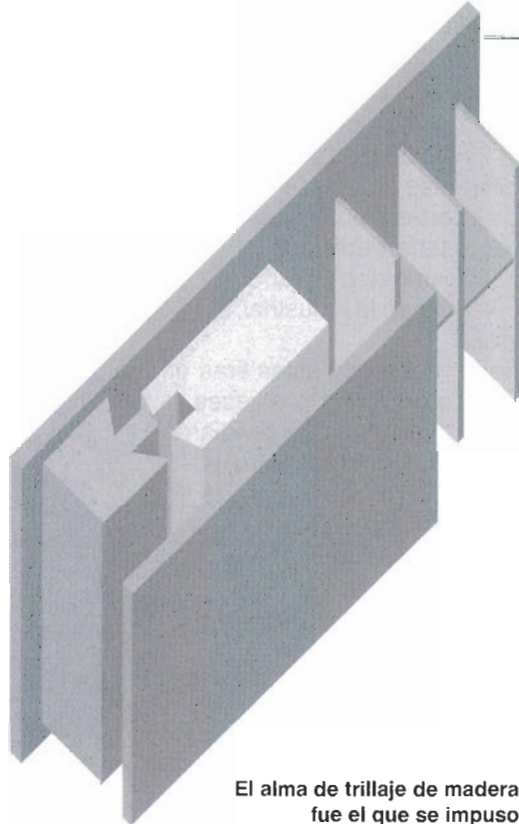
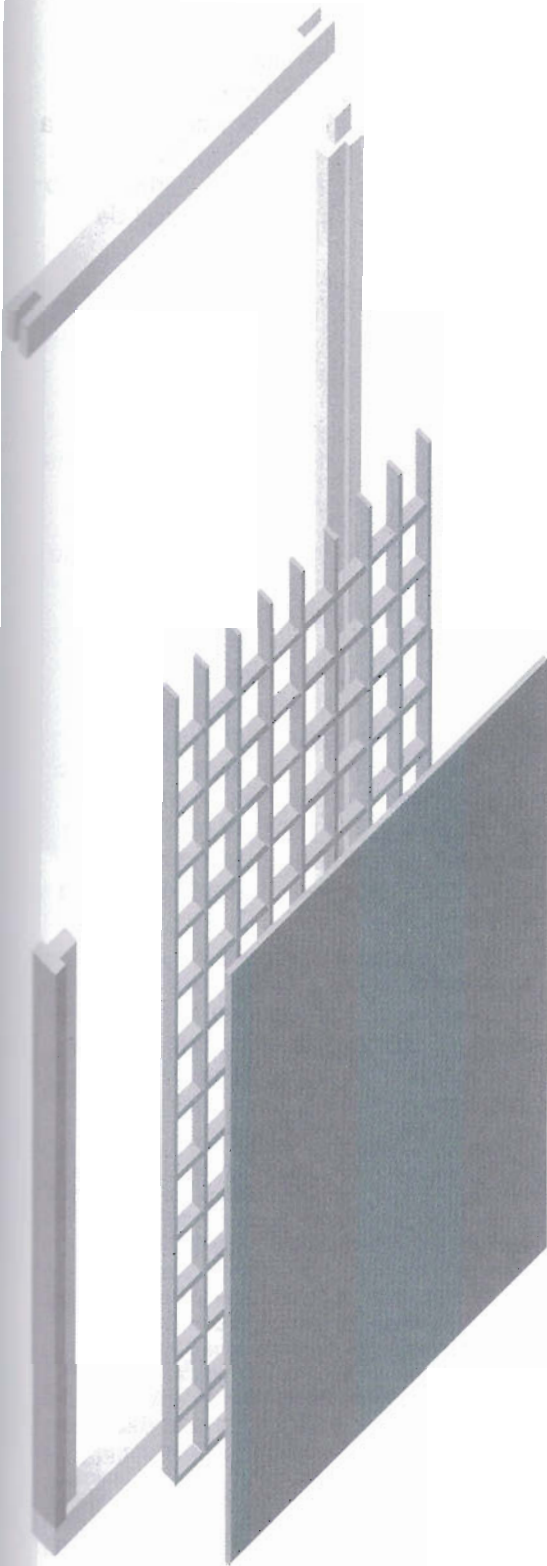
El bastidor también puede formarse con un único tablero, cajeadado en su parte central, para lograr una máxima continuidad, siempre que el resto del material pueda emplearse para otras piezas (plafones, etc.).

Un punto especial del bastidor es el refuerzo para la cerradura, un ensanchamiento del larguero que permite la fijación de la cerradura y de sus accesorios. Estas piezas se adosan al larguero y deben tener unas dimensiones mínimas: longitud igual o superior a 300 mm y anchura igual o superior a 90 mm (según recoge la norma UNE 56.803-90). La presencia de estos elementos específicos para los elementos de cierre, debe ser conocida o indicada en su superficie.

## Alma

Es la parte interior de la hoja sobre la que se encolan los paramentos ya que las fijaciones mecánicas, como los clavos, no proporcionan el necesario contacto entre las superficies y producen pequeñas depresiones locales donde se insertan. Es importante, por consiguiente, una distribución uniforme y total del alma dentro del bastidor para evitar, tanto acumulaciones como huecos.

El alma debe presentar una superficie suficiente de encolado para resistir las



El alma de trillaje de madera fue el que se impuso inicialmente

#### Esquema clásico de una puerta plana

solicitaciones a que se ve sometido (choque y aplastamiento), jugando con el grueso y la luz de las celdillas.

Las puertas planas se distinguían en su origen fundamentalmente por el tipo de alma.

#### Almas de paja y virutas de madera

Vilarrasa, fabricante valenciano de tableros, comenzó a producir en los años 50 una puerta plana muy especial con largueros de tableros aglomerados y madera, alma de paja de cereales y paramentos de tableros de fibras.

La puerta Record de PEMSA fue también un modelo novedoso, que empleaba un bastidor laminado y el alma de chapas gruesas de desenrollado que se empleó después con profusión.

En 1980 J. Lanzuela experimentó un alma llena de tablero de bagazo y caras de tableros de partículas de 4,5 mm de espesor.



### Alma de listones de madera

El trillaje de tiras de madera, formando diferentes dibujos, era el alma original en las puertas planas artesanales. En la carpintería tradicional el trillaje horizontal se ensamblaba en ranuras del bastidor mientras en la industrial, sólo en los testeros.

Se formaba con estas tiras de madera en celosía ortogonal y a veces incluía uno o dos travesaños que dividían el paño en dos o tres cuerpos. Más tarde la madera se sustituyó por tablero de fibras y contrachapado separados no más de 75-100 mm. Norma fue el primer fabricante en hacerlo.

Fue también muy popular y produjo cierta evolución de materiales<sup>3</sup>.

Se trata de un alma cara debido a la mano de obra que necesita, sin embargo es la más robusta de todas y todavía la emplean algunos fabricantes nacionales en puertas de gama alta.

El inconveniente de este trillaje era el "telegrafado" o marcado del esqueleto en el paramento por efecto de la presión de la prensa y el vacío en los compartimentos estancos. Se solucionó en parte cambiando el paramento de contrachapado por tablero de partículas de más de 4 mm.

### Alma de papel y cartón

En los años cincuenta la empresa Marga desarrolló una estructura de papel muy original que luego fue ampliamente

copiada. Dio origen a un tipo al que se hacía referencia específica en los pliegos de condiciones de los proyectos. Era un alma alveolar muy por encima de la media porque se realizaba a medida con maquinaria especial. Este alma tan particular no tuvo competencia por su dificultad de fabricación ya que la mayoría de las fábricas lo encargaban a terceros.

Sin embargo se acabaría imponiendo el papel kraft alveolar industrializado. Generalmente es adquirida en bloques, con polígonos cerrados y al montarlas se despliegan y sujetan al bastidor. Las dimensiones que se impusieron fueron de 0,3 mm de grueso y hexágonos con luz de 20, 26 y 32 mm.

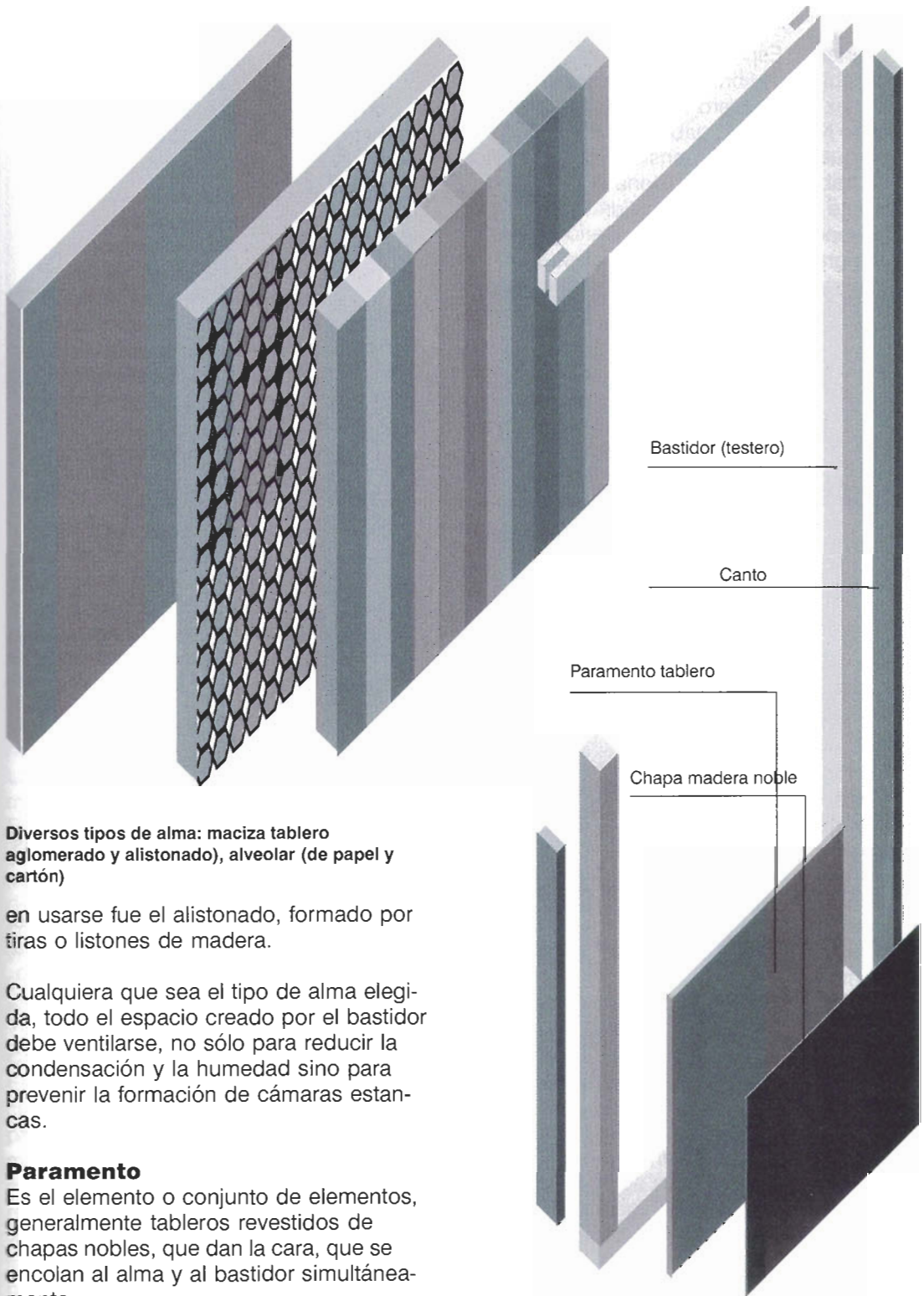
La empresa Esteban y Bartolomé que fue de las primeras en utilizar un paramento de tableros de fibras duros, el llamado comercialmente 'táblex', de 5 y 3,2 mm de espesor, fue también de las primeras en usar el trillaje de papel hexagonal. El alma de cartón ondulado tuvo también gran aceptación, con gruesos de 1,5, 2,5 y 3 mm y caras separadas 25 mm, 55 mm, 65 mm y 75 mm formando también exágonos. La primera puerta que se certifica con este sistema en 1974 que la de la empresa Vifex.

### Alma llena

Su constitución homogénea forma una superficie continua de encolado con los paramentos. Normalmente se arma con tablero de partículas aunque el primero

<sup>3</sup> Los trillajes de madera se usaban en la construcción tradicional (o artesana) de las primeras puertas planas. Se colocaban 5 ó 6 travesaños de unos 5 cm de ancho y el resto se cuajaba con tiras de unos 30 cm de largo con 1 cm de grueso. En la fabricación industrial se buscaban trillajes más sencillos de ejecutar. A lo largo de los años en el Sello de Calidad AITIM ha servido de registro de las diferencias de diseño de los trillajes industriales. A continuación se indican algunos de ejemplos de las múltiples combinaciones que se iban produciendo. Todas ellas superaban los ensayos de choque correspondientes. Tres cuerpos de tablillas de 8 mm separada a 55 mm y sujetas por dos tablillas verticales (de Puertas Jher), tablillas de 6 mm, colocadas longitudinal y transversalmente (Puertas Kinbel), listones de 12 mm separados 50 mm (de J. Fernández Tuñón), de 5 mm paralelos a los testeros, separados 24

mm (de Andrés Serrano Castro), tablillas horizontales y verticales de 3,5 mm formando cuadros de 65 a 70 mm (de Premacho), listones horizontales de 15 mm, separados a 40 mm (de Jesús Fernández Tuñón), tablillas de chopo de 3 mm formando cuadros de unos 75 cm de lado (de Rafael Gallardo Bernal), tablillas de 5 mm separadas 22 mm (de Andrés Serrano Castro), tablillas de 5,5 mm separados a 26 mm o listones de 15 mm separados a 30 mm, tiras de contrachapado separados 40 mm (Madeplax), tiras de tableros de fibras de 3 a 3,2 mm formando cuadros de 24 x 320 mm, de 3 mm y de 9 mm y tablero de partículas de 4,3 mm separadas 30 mm (de Carpintería Cedrés), tiras de tableros de fibras de 3,2 mm en zig-zag separadas unos 2 mm (de Maderas Lofex).



**Diversos tipos de alma:** maciza tablero aglomerado y alistonado), alveolar (de papel y cartón)

en usarse fue el alistonado, formado por tiras o listones de madera.

Cualquiera que sea el tipo de alma elegida, todo el espacio creado por el bastidor debe ventilarse, no sólo para reducir la condensación y la humedad sino para prevenir la formación de cámaras estancas.

### Paramento

Es el elemento o conjunto de elementos, generalmente tableros revestidos de chapas nobles, que dan la cara, que se encolan al alma y al bastidor simultáneamente.

Durante los años 1946-47 las primeras



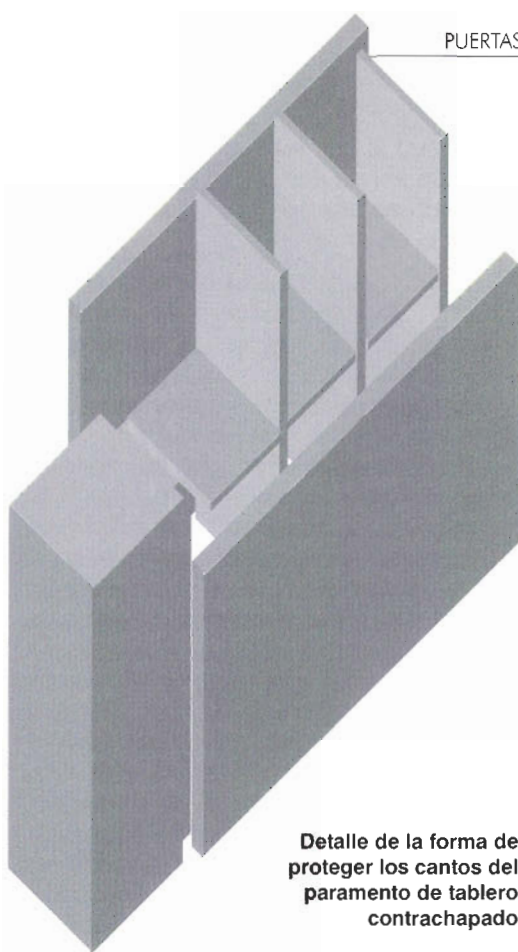
puertas en España tenían paramentos de un tablero de fibras duro denominado 'tablex' y un tablero de partículas denominado Novopan. El 'tablex' se abandonó porque por su alta densidad lo hacía difícil de trabajar si bien funcionaba magníficamente en el control de calidad y el Novopan pecaba de lo contrario ya que sus grandes virutas superficiales, eran muy decorativas, pero tenían poca densidad como paramentos.

El mejor sustitutivo que se encontró fue el contrachapado, primero de cinco chapas y luego de tres, con espesores que bajaron hasta los 3 mm superando los ensayos de choque, que eran la piedra de toque en laboratorio. En 1975 se fabrican las primeras puertas con paramento de tableros de partículas, de 5 mm y revestidos de papel melamínico aclarado (Quintanar Industrial). El alma era convencional, de papel, con 24 mm de luz. Y ese mismo año aparecen las puertas de Repla, S.A. con paramento de tableros de fibras, recubiertos con PVC o chapas finas, y alma de listones de madera o papel (J. Lanzuela). A partir de ahí se comenzaron a bajar los espesores<sup>4</sup>. Sin embargo, el grosor que se acaba imponiendo fue el de 5-5,5 mm (Carpintería Guillén). Más adelante se empieza a desarrollar un modelo con tableros de partículas de 4,2 mm moldurado al estilo norteamericano (Industrias Carsal). Otros fabricantes empiezan a desarrollar este mismo sistema a finales de los 90 con sistemas norteamericanos (Puertas Norma).

A partir de 1988 se extienden los paramentos de un nuevo tipo de tableros de fibras duro (Duolite) en torno a 2,9 mm (fibra duro de 2,5 + chapa de 0,5 que lijado da 2,9 mm), rechapado, con buenos resultados en los ensayos de choque. Emplea trillajes convencionales.

El cambio de normativa europea de ensayos en los años 80 forzó un nuevo

<sup>4</sup> Puertas Sifer fabrica con paramentos de tableros de partículas de 3,5 mm, rechapado con varias, Hincol, S.A. con 4,5 mm y Madeplox con 3,8 mm, ambos rechapados



**Detalle de la forma de proteger los cantos del paramento de tablero contrachapado**

cambio de paramentos ya que las pruebas de choque de la puerta eran más difíciles de cumplir. El paramento de tablero contrachapado que en ese momento era el más extendido fue paulatinamente marginado y sustituido por otros materiales. A ello contribuyó también la crisis de esta industria por la falta de suministro de madera en tronco para desarrollo de África.

Se comprobó que el paramento que ofrecía mejores resultados en torsión y choque era el tableros de fibras, seguido por el aglomerado y finalmente el propio contrachapado.

Los espesores mínimos de los paramentos con alma alveolar que se seguían en aquellos momentos y que pasaban las pruebas de calidad eran los siguientes:

- tableros contrachapados de 3,0 mm
- tableros de partículas de 5,0 mm

- tableros de fibras duros de 3,2 mm
- tableros de fibras duros de 5,0 mm

La situación actual sigue muy parecida salvo por la incorporación del paramento moldeado de tablero de fibras de densidad media y de partículas (ésta última bajo patente española) muy introducido en Europa, y hegemónico en EEUU.

### Caras

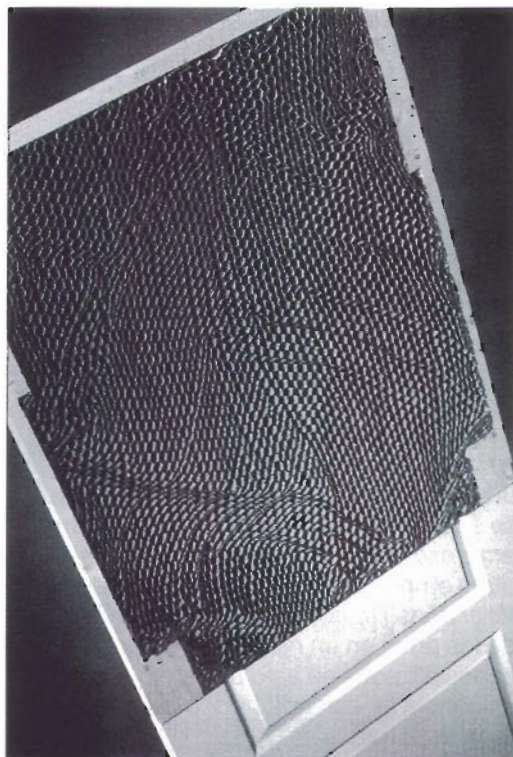
El paramento debe tener sus caras vistas revestidas o pintadas por ser el elemento decorativo esencial de la puerta. Por este motivo los chapados exteriores suelen ser especies de madera nobles. Las empleadas en los años 70, 80 y parte de los 90 fueron frondosas rojas tropicales (el Sapelly fundamentalmente). Tras una cierta saturación de los colores oscuros, se volvió a los claros (coníferas y robles) aunque los cambios de la moda son cíclicos y están continuamente renovándose. Entre las especies de madera que pueden verse con relativa frecuencia en la actualidad están la caoba, cerezo, embero, iroko, pinos amarillos del sur, pino Oregón, mansonia, meranti, mongoy, nogal, palisandro, ukola, cebrano y peral. Las chapas tienen gruesos en torno a 0,5 mm. (Ver págs. 641 a 643).

En cuanto a los lacados han sido posibles gracias a los tableros de fibras y a determinados tableros de partículas de mayor densidad.

Los melaminizados, poco aceptados en viviendas, tienen un mercado siempre abierto en los sectores hospitalario y educativo y en locales públicos en general.

### Cantos y costados

Es la cara estrecha de la hoja, perpendicular a los paramentos. Los cantos paralelos a la mayor dimensión se denominan costados y, si no son de madera maciza a juego con las caras, suelen ir rechapados o canteados porque van vistos, mientras que los otros dejan vista la cara del bastidor por resultar inaccesibles.



Corte clásico de la puerta 'molded' con tablero de fibras



Paramentos para puerta 'molded' con tablero de partículas especial



# Puertas plafonadas

Los primeros diseños de puerta plafonada industrial fueron adaptaciones de las puertas planas ya que era la única maquinaria con que se contaba.

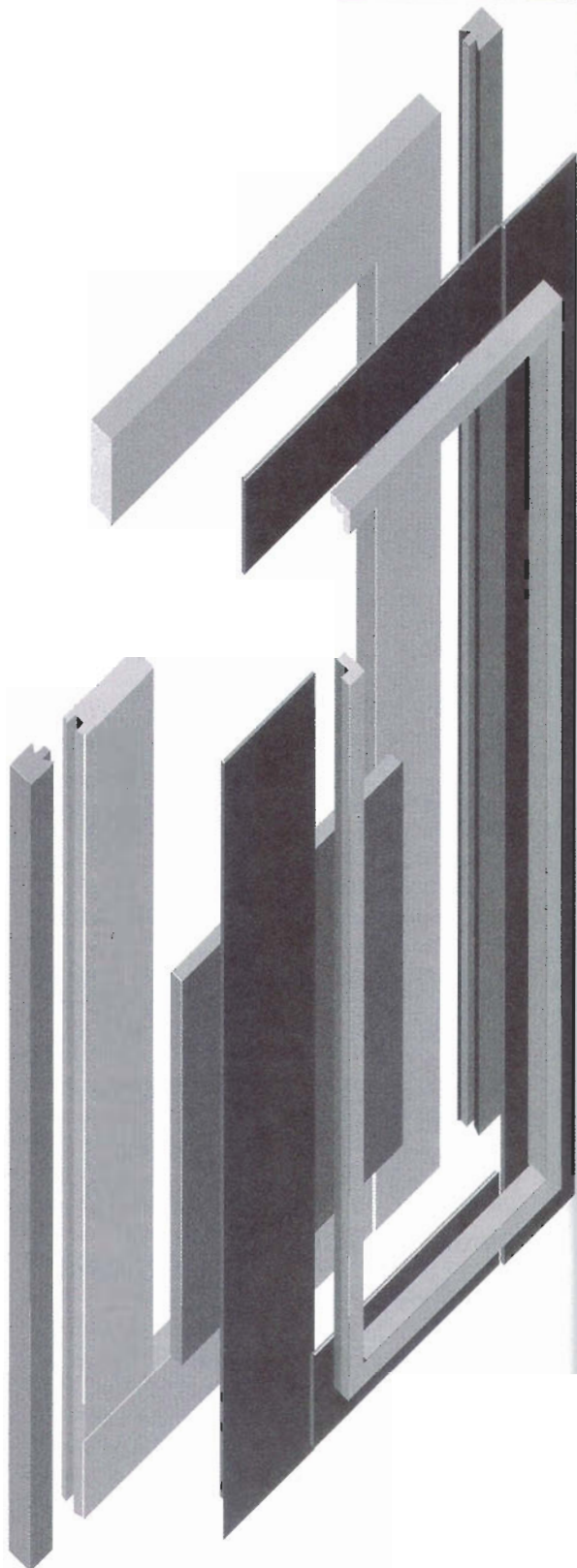
Primero se superpusieron simplemente molduras sobre puertas planas, imitando así los plafones de las puertas en relieve, siendo en realidad falsas puertas carpinteras.

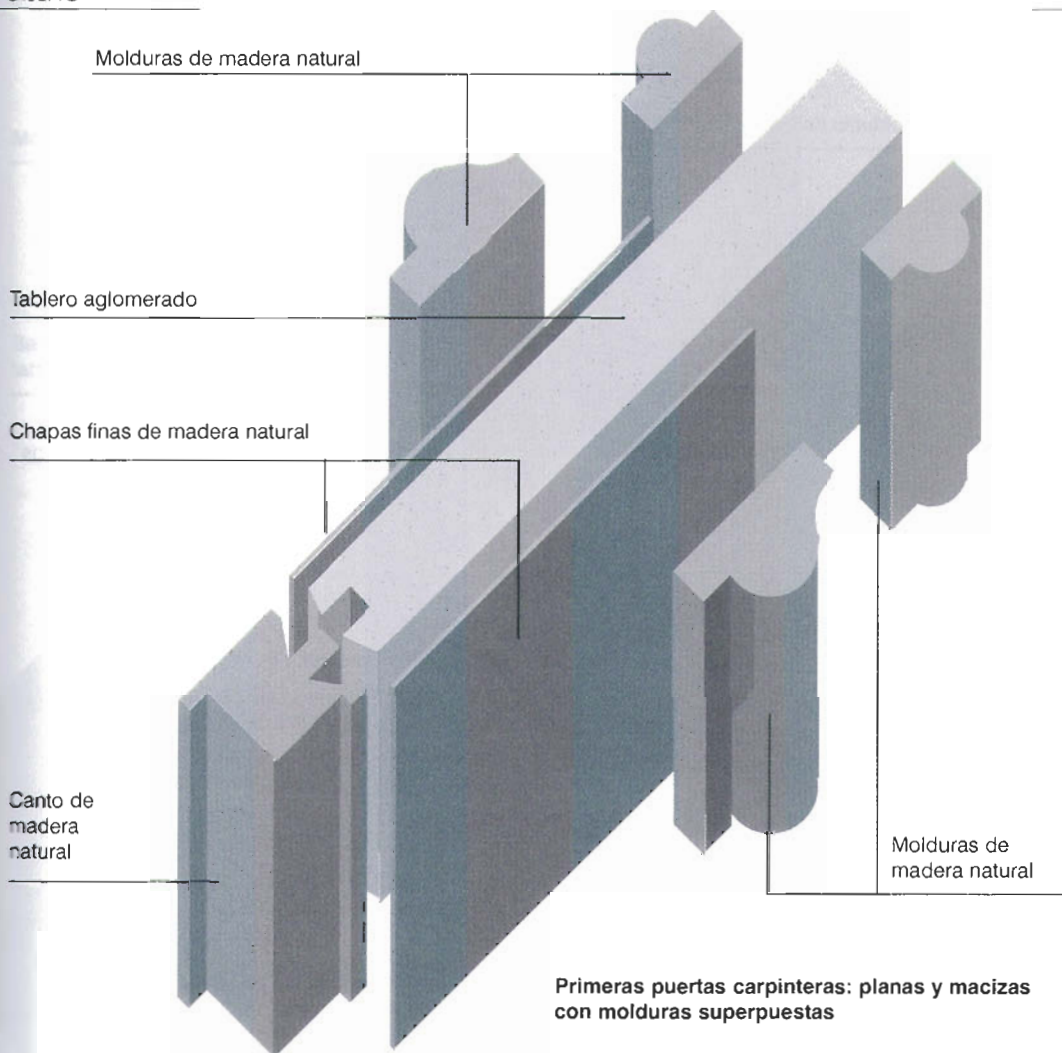
Luego se aprovechó la base de la puerta plana abriendo huecos centrales en los que se insertaban los plafones, de tablero contrachapado o aglomerado recubierto, sujetos con molduras de madera maciza. Después se pasó a bastidores de tablero aglomerado, rechapados con maderas finas, buscando la sensación óptica de la madera maciza.

La puerta carpintera española se introdujo a través de la empresa Puertas Cuesta, diseñada por los hermanos Guillén. Éstos se separaron de Cuesta, creando su propia empresa. De Cuesta también se desgajaron otras empresas que se fueron radicando en Villacañas (Toledo) que se convirtió al cabo de los años en un núcleo de empresas especializadas en este producto. Su influencia se extendió, poco a poco, a toda España.

La arquitectura de la puerta tal como la entendemos actualmente la definen los plafones de tableros de partículas o de fibras de MDF moldurado. El tablero de partículas se emplea en diferentes densidades, a veces resistentes al fuego o a la humedad. El tablero de fibras, por su mayor cohesión, se emplea donde el grosor del plafón disminuye mucho, por ejemplo en los bordes rebajados.

Los plafones se unen al bastidor mediante empotramiento o a tope y sujetos mediante molduras de madera maciza o de tablero de fibras, rechapados a juego con las otras maderas. Las dos caras suelen llevar molduras iguales para equilibrar y estabilizar el conjunto.





**Primeras puertas carpinteras: planas y macizas con molduras superpuestas**

### **Bastidor**

Como en las puertas planas, el bastidor es la estructura soportante de la hoja y está formada por dos largueros y dos testeros a los que se suele añadir un tercer travesaño similar, situado en el medio. Pueden incluso haber más, acercándose a la puerta apeinazada. Como materiales básicos se emplean tableros, de partículas, de fibras de densidad media, y en algunos casos una estructura alveolar similar a la de las puertas planas, madera maciza o tablero alistonado.

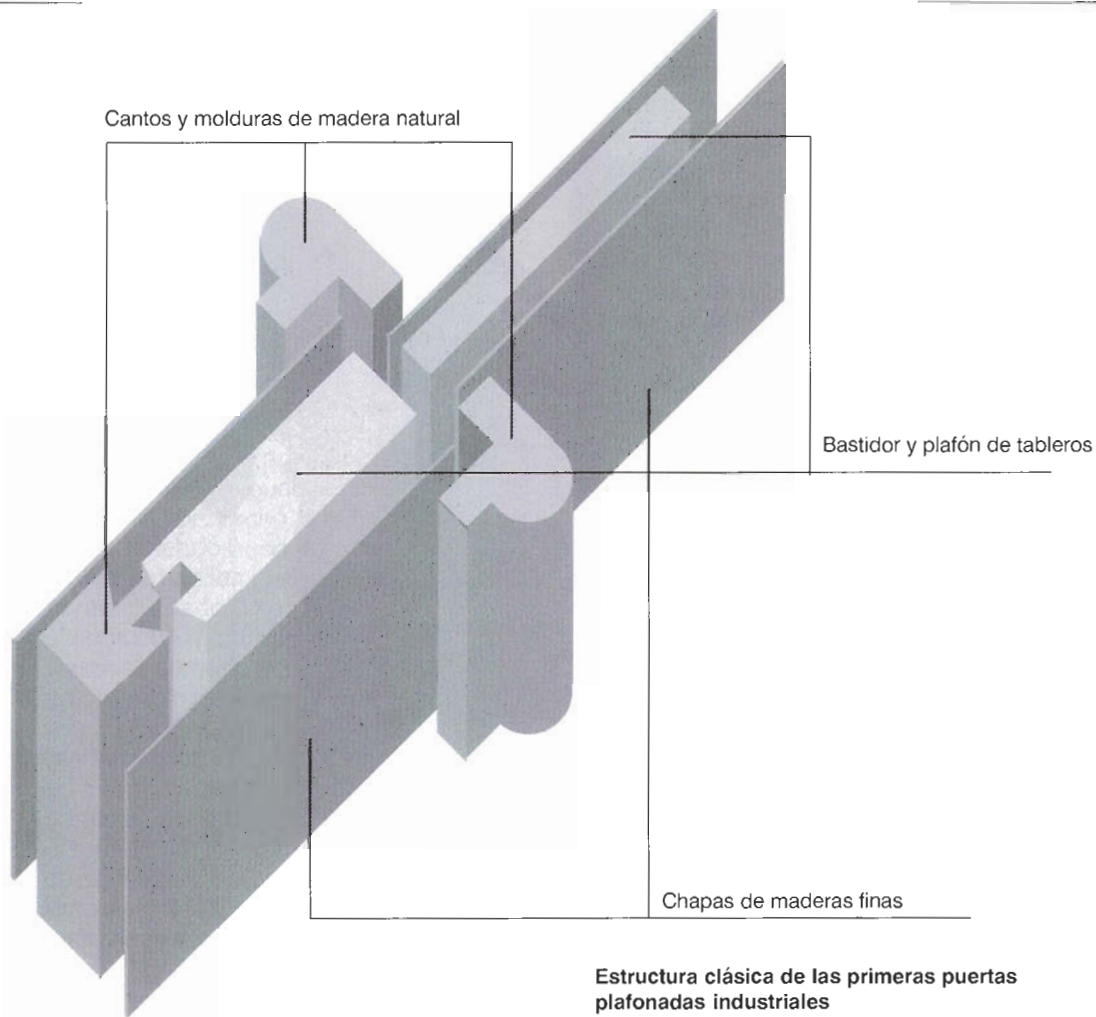
Los largueros y testeros de tablero aglomerado suelen tener un ancho en torno a

125 mm, excepto el inferior que suele ser el doble.

En la carpintería tradicional, largueros y testeros se unían entre sí a caja y espiga, con ajuste de cuñas y remachada con clavijas. En la industrial, se utilizan espigas cilíndricas encoladas, también llamadas falsas espigas. El bastidor suele ir rechapado con la misma especie empleada en las caras y recercado o canteado en esa misma especie en todo su perímetro (o en sus dos largueros, ya que los testeros no se ven y pueden cortarse para el ajuste en obra).

El bastidor también se puede fabricar entero, extrayéndolo de un único tablero, con fresas que cortan el tablero a las dimensiones finales de la puerta. Esta





**Estructura clásica de las primeras puertas plafonadas industriales**

solución consigue una mayor estabilidad del conjunto al eliminar las uniones de testeros y largueros. Va igualmente canteado y rechapado porque el tablero no tiene suficiente consistencia en el canto.

Si los bastidores son de madera maciza, tanto largueros como testeros pueden ser de una sola pieza o de varias, encoladas longitudinalmente con entalladuras múltiples. También pueden ser de madera laminada o tablero alistonado, yendo en todos los casos, rechapados. Las especies más utilizadas en estos casos, por quedar ocultas, son pinos (fundamentalmente el radiata).

El bastidor, principalmente en testeros y travesaños, puede tomar formas variadas según los distintos estilos decorativos.

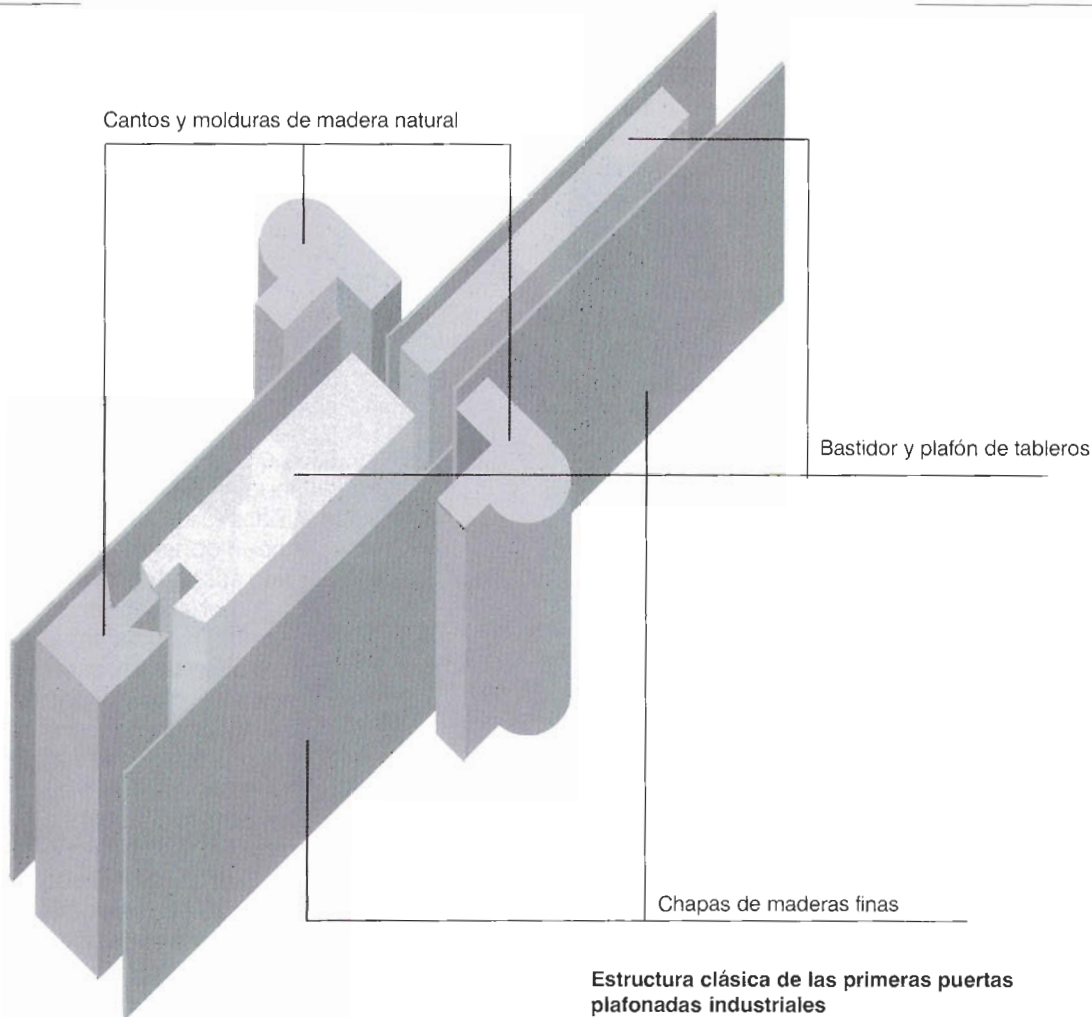
### **Parte central o plafón**

El plafón es el entrepaño que se sujeta al bastidor. En fabricación industrial, suele ser de tableros de partículas o de fibras de densidad media. Los más habituales son los tableros de partículas, con unos 10 mm de grueso, y van rechapados.

Las especies de madera empleadas para las chapas de los plafones suelen ser las mismas que para las puertas planas.

Últimamente es frecuente el lacado sobre tableros de fibras y tableros de partículas melaminizados. En nuestro país gustan los tonos claros, mientras en el área anglosajona se usan más los colores vivos.

El plafón debe seguir las formas impuestas por el bastidor.



**Estructura clásica de las primeras puertas plafonadas industriales**

solución consigue una mayor estabilidad del conjunto al eliminar las uniones de testeros y largueros. Va igualmente canteado y rechapado porque el tablero no tiene suficiente consistencia en el canto.

Si los bastidores son de madera maciza, tanto largueros como testeros pueden ser de una sola pieza o de varias, encoladas longitudinalmente con entalladuras múltiples. También pueden ser de madera laminada o tablero alistonado, yendo en todos los casos, rechapados. Las especies más utilizadas en estos casos, por quedar ocultas, son pinos (fundamentalmente el radiata).

El bastidor, principalmente en testeros y travesaños, puede tomar formas variadas según los distintos estilos decorativos.

### **Parte central o plafón**

El plafón es el entrepaño que se sujeta al bastidor. En fabricación industrial, suele ser de tableros de partículas o de fibras de densidad media. Los más habituales son los tableros de partículas, con unos 10 mm de grueso, y van rechapados.

Las especies de madera empleadas para las chapas de los plafones suelen ser las mismas que para las puertas planas.

Últimamente es frecuente el lacado sobre tableros de fibras y tableros de partículas melaminizados. En nuestro país gustan los tonos claros, mientras en el área anglosajona se usan más los colores vivos.

El plafón debe seguir las formas impuestas por el bastidor.



Molduras de madera natural

Bastidor de tablero alistonado

Bastidor de tablero aglomerado

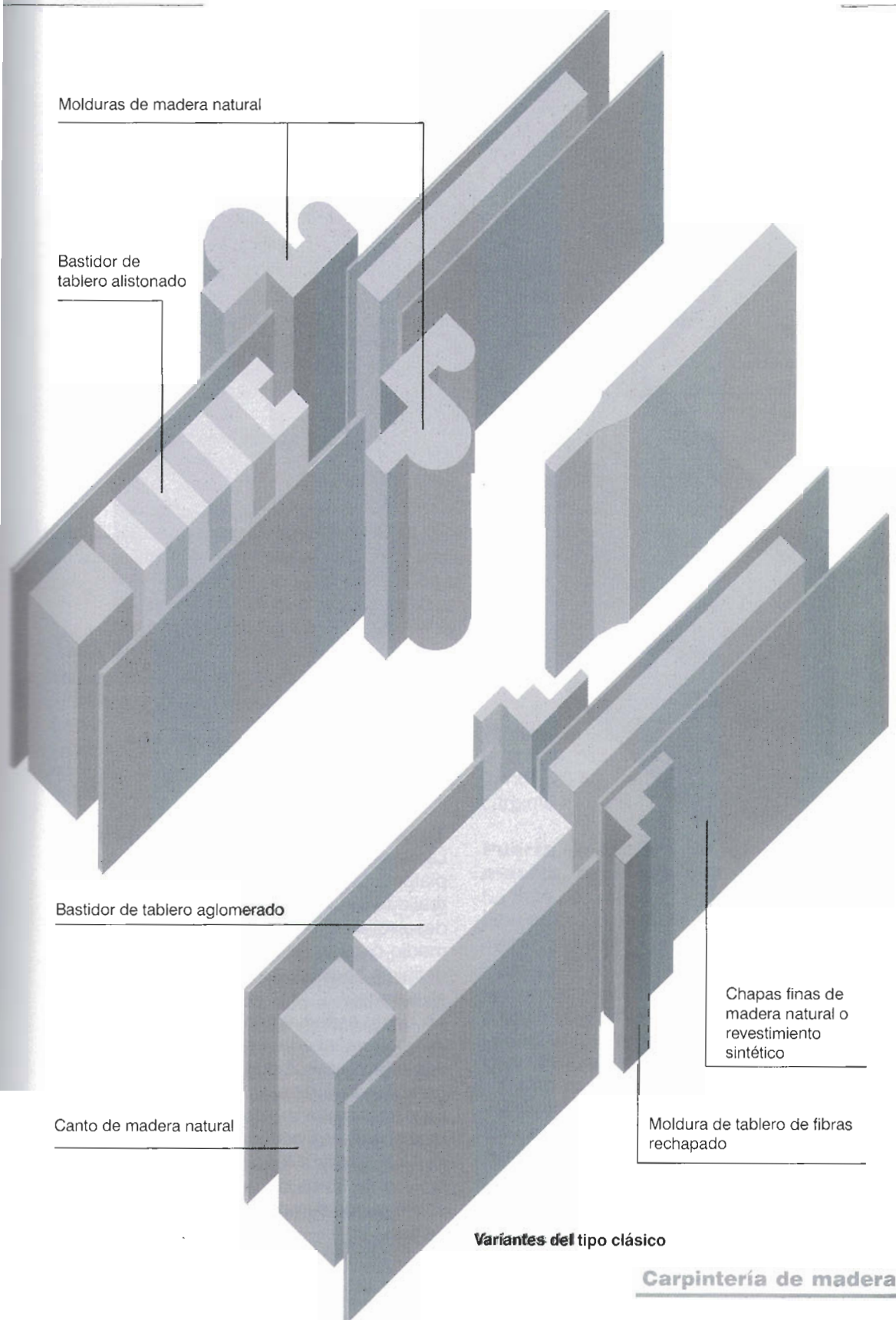
Canto de madera natural

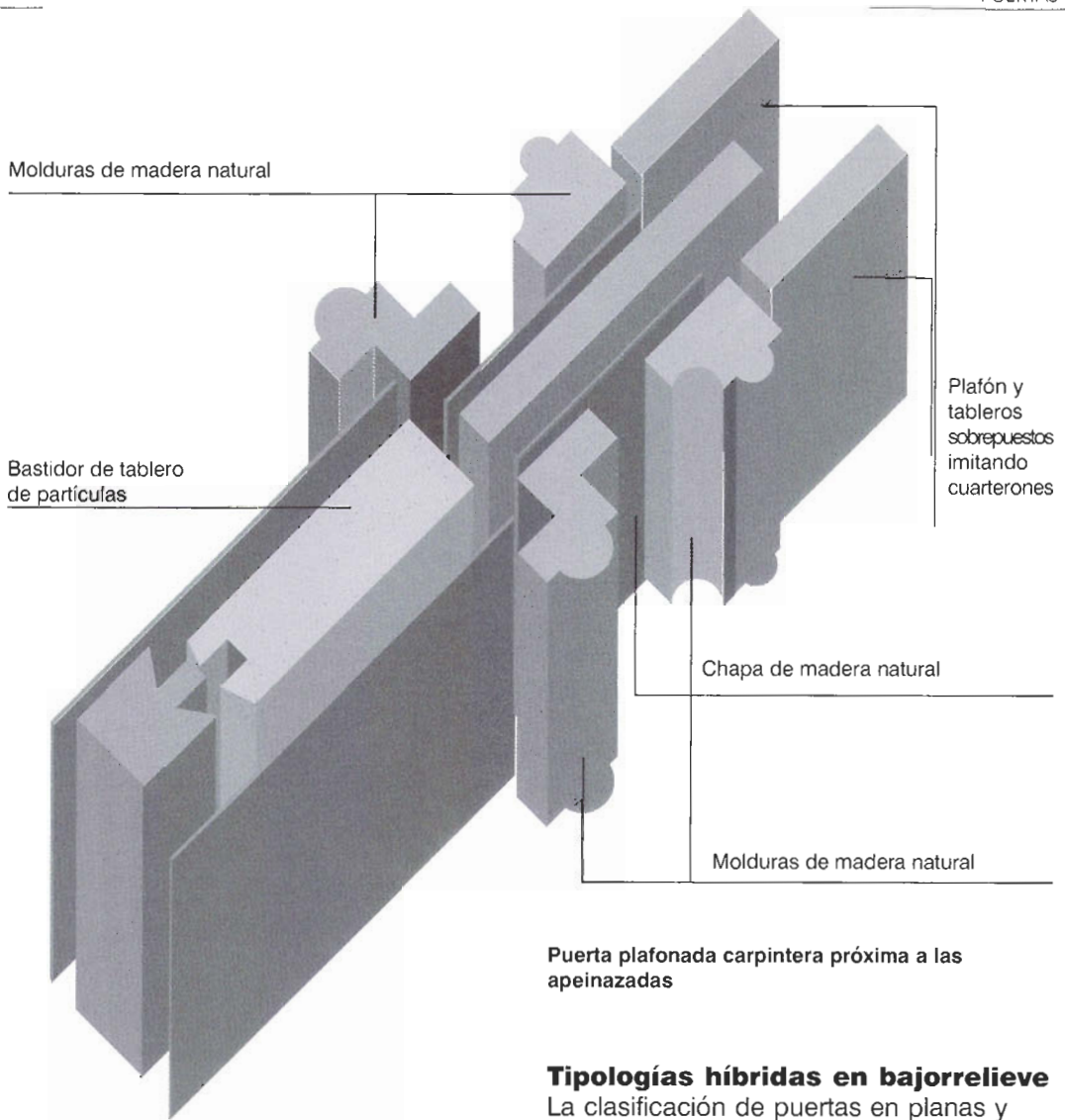
Chapas finas de  
madera natural o  
revestimiento  
sintético

Moldura de tablero de fibras  
rechapado

**Variantes del tipo clásico**

**Carpintería de madera**





**Puerta plafonada carpintera próxima a las apeinazadas**

## Puertas mixtas

La clasificación de las puertas por su constitución es convencional y de hecho se da un gran mestizaje entre puertas planas/plafonadas y puertas castellanadas/plafonadas. Estas mezclas tratan de primar en cada caso alguna característica: aspecto, peso, relieve, superficie, etc. Son puertas de una difícil clasificación en cuanto a normativa y control de calidad puesto que determinados ensayos específicos son imposibles de realizar a veces.

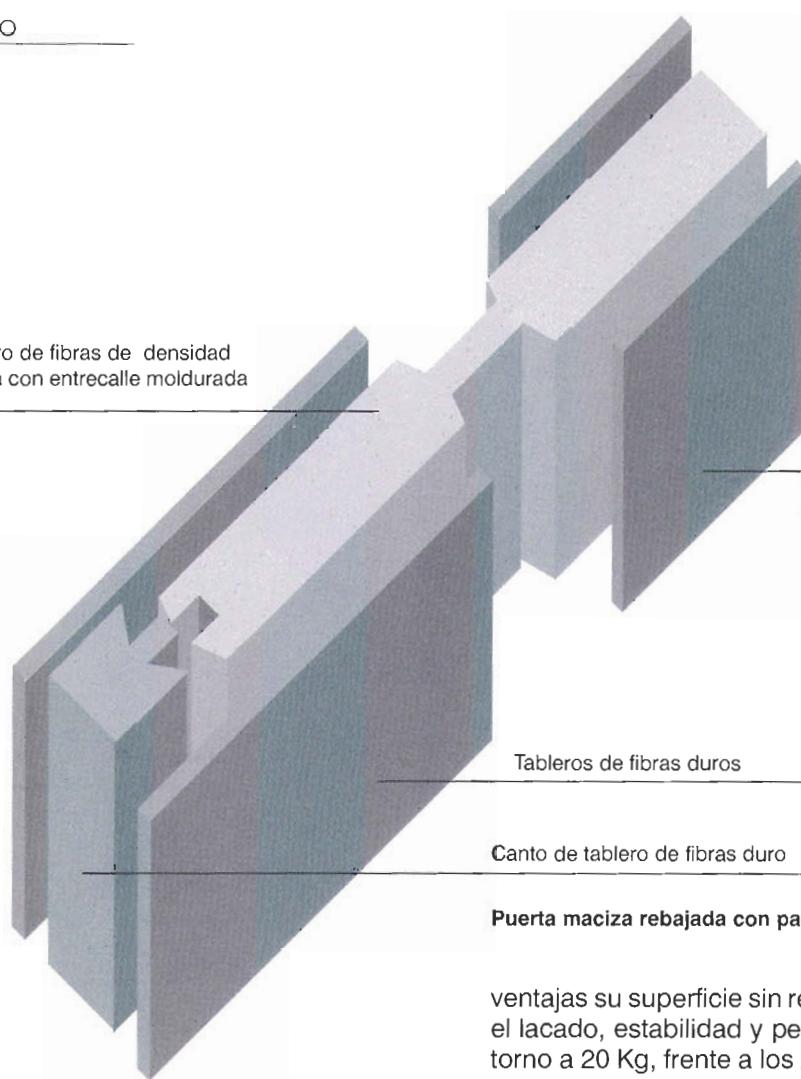
### **Tipologías híbridas en bajo relieve**

La clasificación de puertas en planas y plafonadas no agota completamente la realidad industrial ya que se han ido desarrollando una serie de estructuras a medio camino entre ambas que podrían definirse como de bajo relieve o alveollenas.

En unas, especialmente en gran parte de las puertas lacadas, el bastidor, el plafón superior o ambos son de alma alveolada para que la puerta no pese demasiado. En este caso la moldura que separa el bastidor de los plafones es una entrecalle de MDF unida a tope y forrada con tablero de fibras de densidad media, sobre el que se aplica el prelacado y el lacado.



Tablero de fibras de densidad media con entrecalle moldurada



Tableros de fibras duros

Canto de tablero de fibras duro

#### **Puerta maciza rebajada con pantógrafo para lacar**

ventajas su superficie sin repelo, apta para el lacado, estabilidad y peso medio, en torno a 20 Kg, frente a los 28-30 Kg de las carpinteras y los 11-12 Kg de las planas.

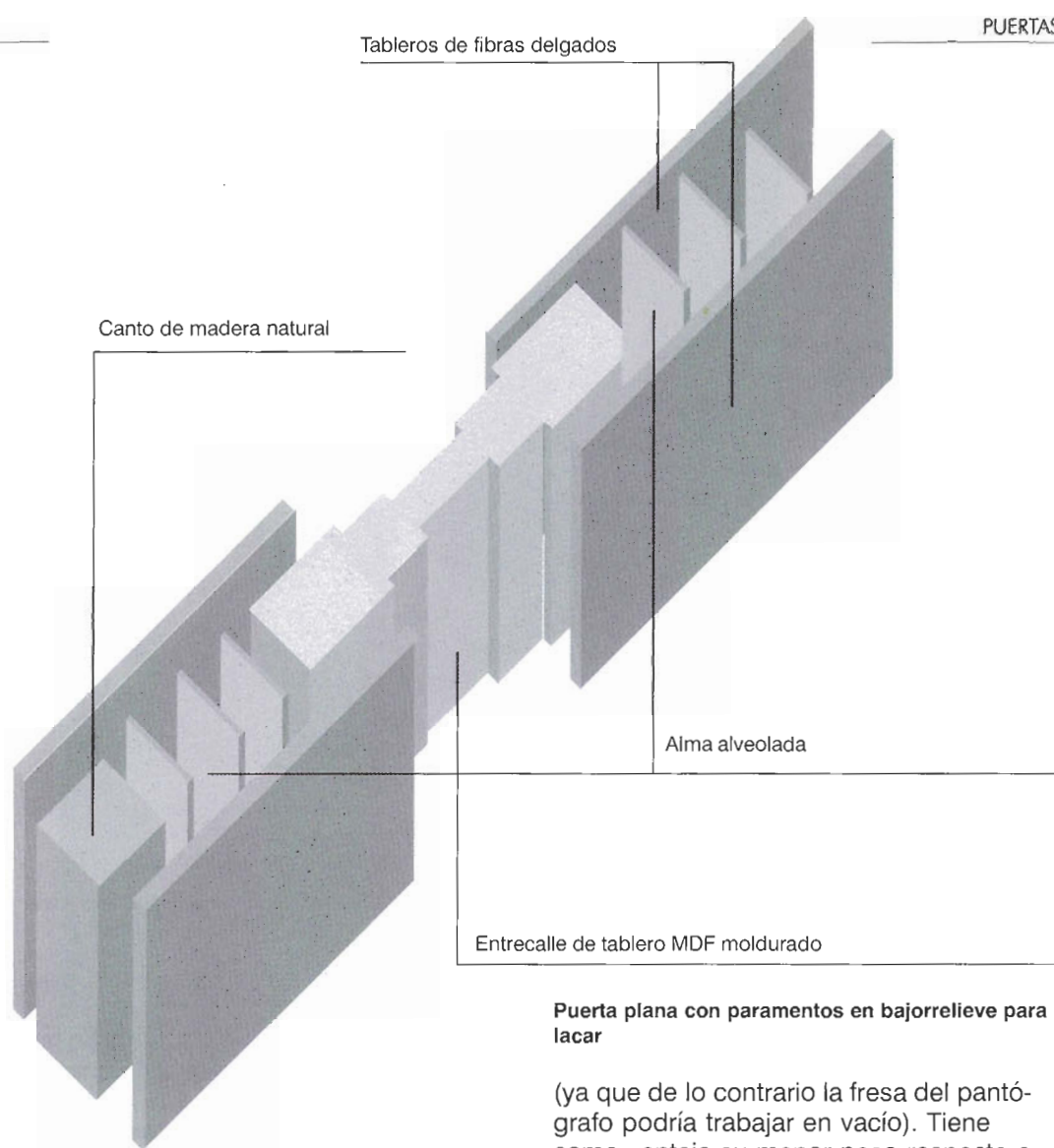
#### **Puerta de tablero de fibras maciza, rebajada con pantógrafo**

Se trata de una puerta con caras de dibujos en bajorrelieve. Los dibujos se mecanizan con pantógrafo. El tablero de fibras permite una mecanización fina y suave, debido a su homogeneidad, proporcionando mayor calidad en el pintado o lacado.

Otro caso particular es el del plafón solidario con el bastidor, completándose este último en la zona de bastidor, con tiras encoladas de tablero aglomerado para dar la sensación de relieve del bastidor.

La puerta moldeada es una cierta variante de ésta y supone la adaptación a España de la clásica puerta norteamericana. Su sistema de fabricación es el mismo que el de las puertas planas de alma alveolada, salvo que en lugar de paramentos de tableros contrachapados, se utiliza un tablero de fibras moldeado en bajorrelieve con las formas exteriores de la puerta carpintera. Su acabado suele ser lacado. En España se ha estado fabricando este tipo de puerta pero con un tablero aglomerado especial en lugar de fibras. Tiene un densidad mayor, de 1.100- 1.300 Kg/m<sup>3</sup> frente a los 600- 700 Kg/m<sup>3</sup>, de los tableros de fibras habituales.

Este tablero especial presenta como



### **Puerta plana con paramentos en bajorrelieve**

Su aspecto externo es similar a la anterior, pero su estructura es la de puerta plana: bastidor de madera maciza, paramentos de tablero de fibras delgado (unos 5 mm) y trillaje de tablas de 5 o 6 cm de ancho de tablero de fibras MDF. Estos listones se colocan en lugares adecuados con la doble función de dar consistencia al alma y recibir un dibujo en bajorrelieve con pantógrafo. La fabricación de esta puerta es más complicada porque hay que situar con precisión los listones dentro del alma

### **Puerta plana con paramentos en bajorrelieve para lacar**

(ya que de lo contrario la fresa del pantógrafo podría trabajar en vacío). Tiene como ventaja su menor peso respecto a la puerta maciza. Esta estructura no sirve cuando se quieren ejecutar dibujos complejos (lazos, líneas diagonales) porque obligaría prácticamente a macizar el alma. Por tanto sólo es apto para dibujos sencillos de plafones rectangulares o cuadrados.

### **Puerta con molduras de madera maciza en bajorrelieve, mecanizadas**

Se trata de una puerta maciza, formada por un tablero aglomerado sobre el que se embuten en uno o en ambos lados de la hoja unas tiras de madera maciza a juego



Chapa de madera natural

Tablero de fibras MDF

Listones de madera maciza que se insertan después de mecanizar

Canto de madera maciza

Moldura de madera natural

Tablero de fibras MDF

Chapas de madera natural

Canto de madera maciza

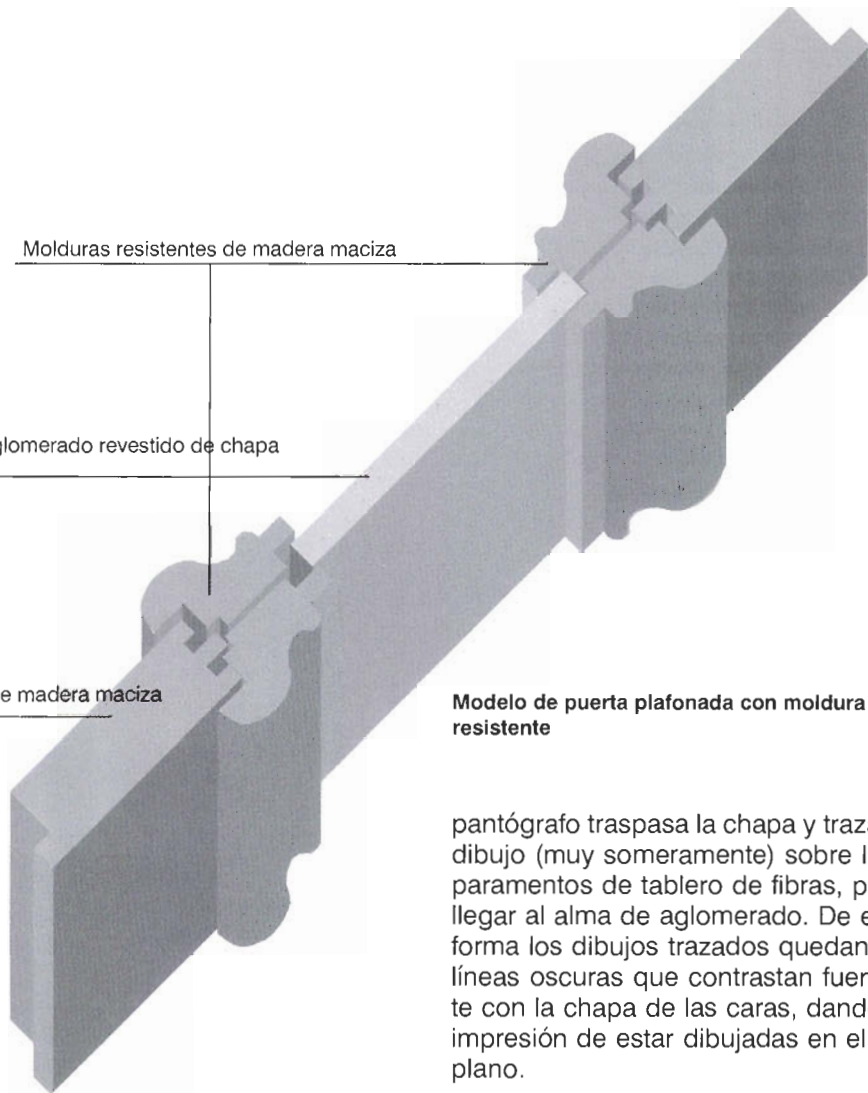
**Puertas con molduras remetidas para evitar deterioros**

Molduras resistentes de madera maciza

Tablero aglomerado revestido de chapa

Bastidor de madera maciza

Modelo de puerta plafonada con moldura resistente



pantógrafo traspasa la chapa y traza el dibujo (muy someramente) sobre los paramentos de tablero de fibras, pero sin llegar al alma de aglomerado. De esta forma los dibujos trazados quedan como líneas oscuras que contrastan fuertemente con la chapa de las caras, dando la impresión de estar dibujadas en el mismo plano.

con las caras. Sobre estas tiras el pantógrafo mecaniza un dibujo sencillo en bajorrelieve (normalmente plafones rectangulares o cuadrados). La puerta puede ir acabada en chapas de madera naturales, con las que hacen juego las tiras de madera maciza mecanizadas.

### **Puerta chapada en madera con líneas rectas en bajorrelieve**

Se trata de una puerta plana formada por un alma de tablero aglomerado sobre la que van encolados a cada cara dos tableros de fibras de 5 mm de espesor. La puerta se rechapa en madera a ambos lados y posteriormente se mecaniza con el pantógrafo el dibujo que se desea (normalmente líneas rectas). La fresa del

### **Puerta con molduras remetidas**

Se trata de la clásica estructura plafonada, un bastidor con largueros y testereros de tablero aglomerado unidos por falsas espigas y plafón, asimismo de aglomerado, unido a tope al bastidor y sujeto por molduras encoladas de madera maciza. La novedad en este caso es que las molduras que sujetan el plafón se ha disminuido en su sección de forma que quedan enrasadas con el plano de la puerta, quedando de esta forma mucho más protegidas frente a los arañazos e impactos, uno de los problemas que más reclamaciones provocan a los fabricantes.



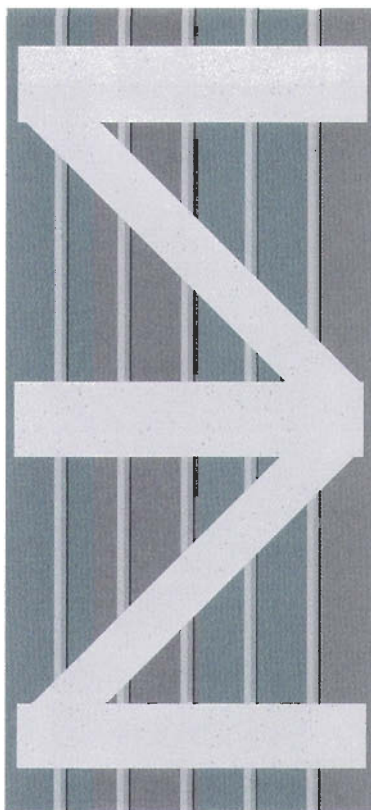
# Puertas entabladas

La puerta entablada vertical es un tipo que ha pervivido a lo largo de la historia por su facilidad constructiva, su solidez y su imagen sobria y elegante. Su gran pega es que necesita emplear madera maciza, lo que limita su uso por razones de precio aunque como puerta exterior resulta económicamente rentable. Se realiza con tablas de coníferas de calidad o frondosas de medidas estandarizadas, unidas entre sí mediante tablas horizontales y diagonales o con pletina metálica (en algunos países se llaman 'de travesaño y riostra').

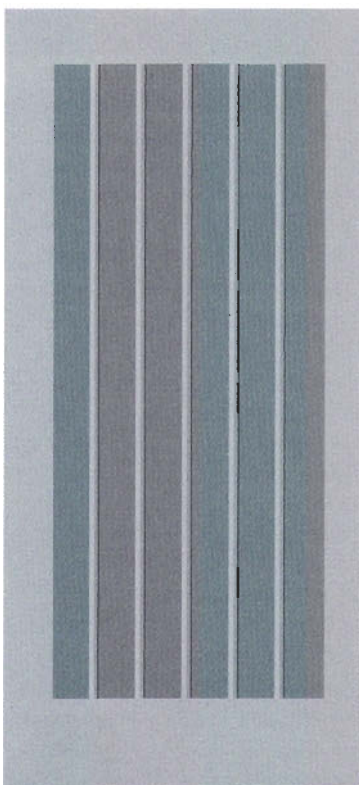
Las piezas diagonales actúan como rigidizadores y deben tener siempre la inclinación hacia el larguero de donde cuelgan los herrajes.

Es conveniente que el ancho de la hoja sea múltiplo exacto del ancho de las tablas procurando en ningún caso reducir el ancho de las piezas que actúan como largueros. Lo aconsejable es reducir el espacio con las dos piezas anteriores para que visualmente no se aprecie el cambio, principio que puede aplicarse a todos los revestimientos de madera como tarimas y frisos. Se debe siempre huir de las piezas muy estrechas. Los clavos pueden ser remachados o botados (de cabeza oculta). Las puertas entabladas suelen ser de exterior y por lo tanto se pintan para sellar las juntas, excepto cuando son maderas de frondosas que se dejan vistas.

El agua de lluvia escurre por la junta pero puede dejar permanentemente húmeda a las piezas transversales interiores. Es importante en este tipo de puertas rematar inferiormente con una pieza vierteaguas o con un travesero, de más canto que haga frente también al agua de salpicadura. Las tablas se clavan en él con un perfil galceado o biselado para canalizar la escorrentía de agua.

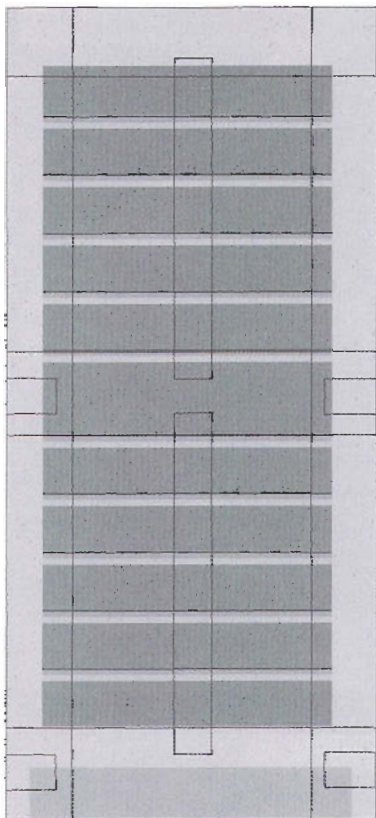


**Puerta entablada rústica con travesaños y diagonales**



**Puerta entablada vertical recercada**

**Puerta entablada horizontal con esquema de ensamble del bastidor**



### **Puertas entabladas rústicas**

Las puertas entabladas con travesaños y diagonales tienen vigencia en construcciones rurales por ser la forma más sencilla de armar un paño móvil a partir de tablas. Las tablas, machihembradas, reciben dos o tres travesaños y diagonales, clavados por su cara posterior. Las tablas suelen ser de unos 25 mm de grueso y 125 mm de ancho. Por su parte, los travesaños suelen ser un poco mayores, de unos 32 x 150 mm, y las diagonales, más estrechas, de unos 32 x 100 mm. Los travesaños se clavan o atornillan a las tablas, requiriendo cada tabla, de 3 a 5 clavos.

### **Puertas entabladas decorativas**

Una de las más clásicas es la de diagonal con doble curva y las juntas de las tablas molduradas. Los clavos pueden ser también decorados y sus orificios suelen pretaladrarse en las diagonales y travesaños.

### **Puertas entabladas recercadas**

Es una versión más elaborada. Consta de un bastidor en cuyo interior se arma un tablero a partir de tablas machihembradas.

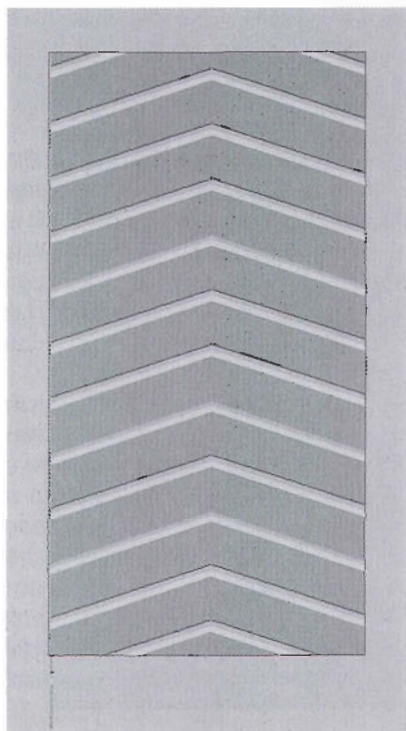
El bastidor consta de largueros y testeros de unos 100 mm de ancho. Tanto el travesaño central como el inferior son de unos 225 mm de ancho. El bastidor se ensambla a caja y espiga (abiertas en el centro y abajo).

El clavado debe realizarse cuidadosamente a través de la cara de las tablas y limpiamente remachados en la cara posterior de los travesaños.

Si el acabado es pintado, las tablas se pintarán antes de ensamblar.

### **Puerta entablada horizontal**

Las tablas se encajan en ranuras practicadas en testeros y largueros y con galce, una sobre otra. Montantes verticales de pequeña sección dividen la luz entre los largueros.



**Puerta entablada diagonal recercada**



Para que ofrezcan un buen aspecto, las tablas deben tener el mismo ancho. La altura recomendable para colocar un travesaño intermedio es en torno a la cuarta tabla contando desde abajo. Se recomienda que la cara exterior de la espiga se alinee con la espalda de la tablazón, y su grosor máximo sea la mitad del bastidor.

### Entablados diagonales

Se trata de un patrón ornamental de tablas inclinadas con junta moldurada. Sólo los testeros y largueros tienen el grosor de la hoja.

Para añadir interés al diseño las tablas se rematan con una moldura curva y un rebaje a media madera.

Los travesaños intermedios, si los hay, se ensamblan a caja y espiga a los largueros.

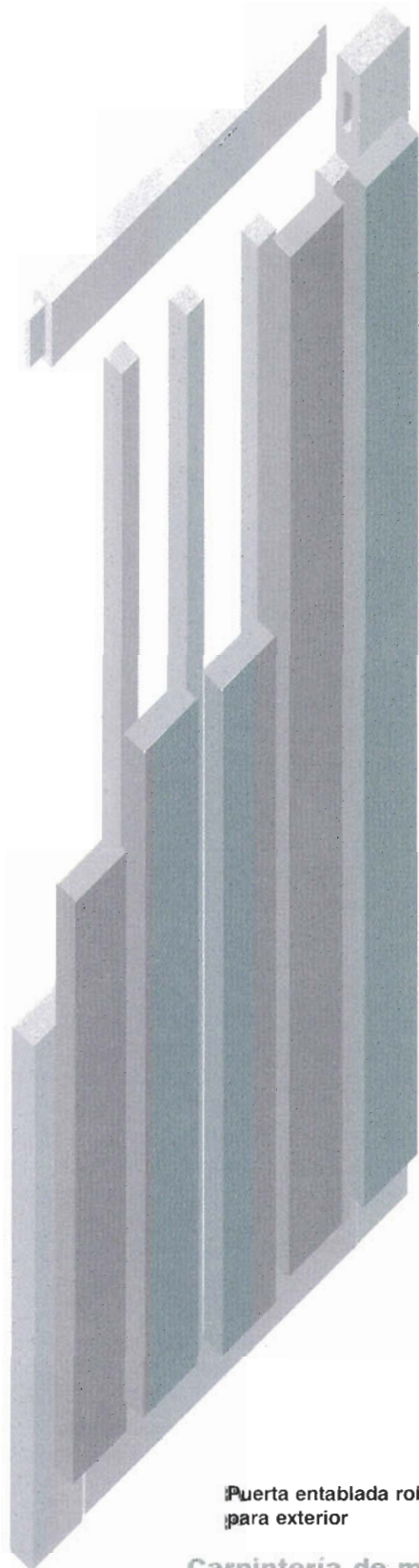
El modo más sencillo y barato de obtener el mismo efecto, será clavar las tablas en galces practicados en largueros y testeros. El mejor sistema es encajar las tablas en los largueros y traveseros. Las juntas se atornillan desde atrás. Las ranuras se tratan de la misma manera.

En orden a lograr una apariencia adecuada, todas las tablas deben tener el mismo ancho. Los largos de las tablas arriba y abajo son la mitad de los centrales.

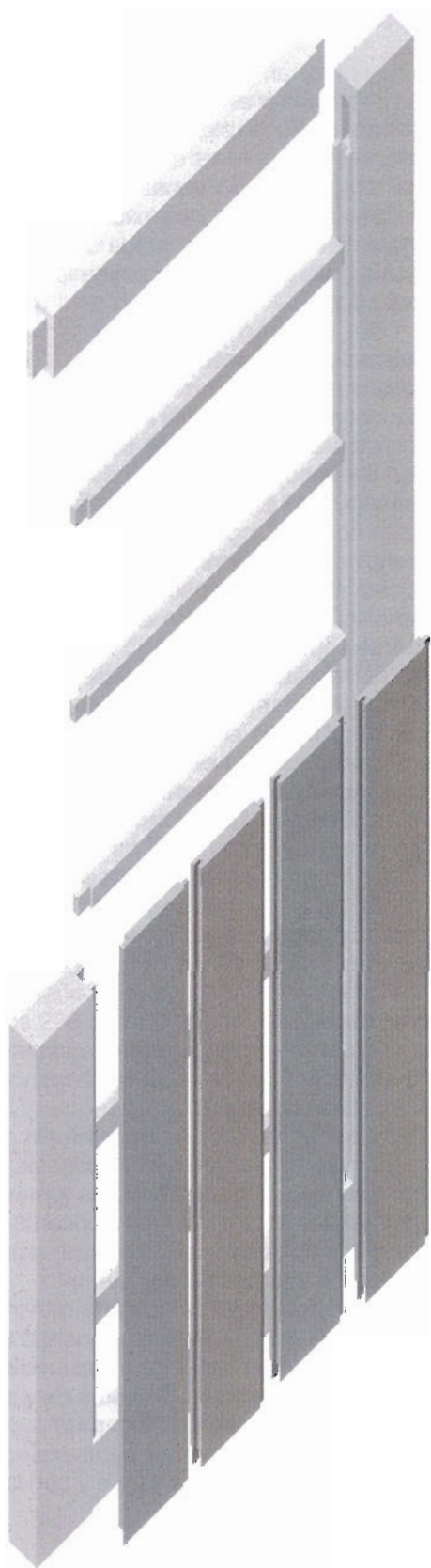
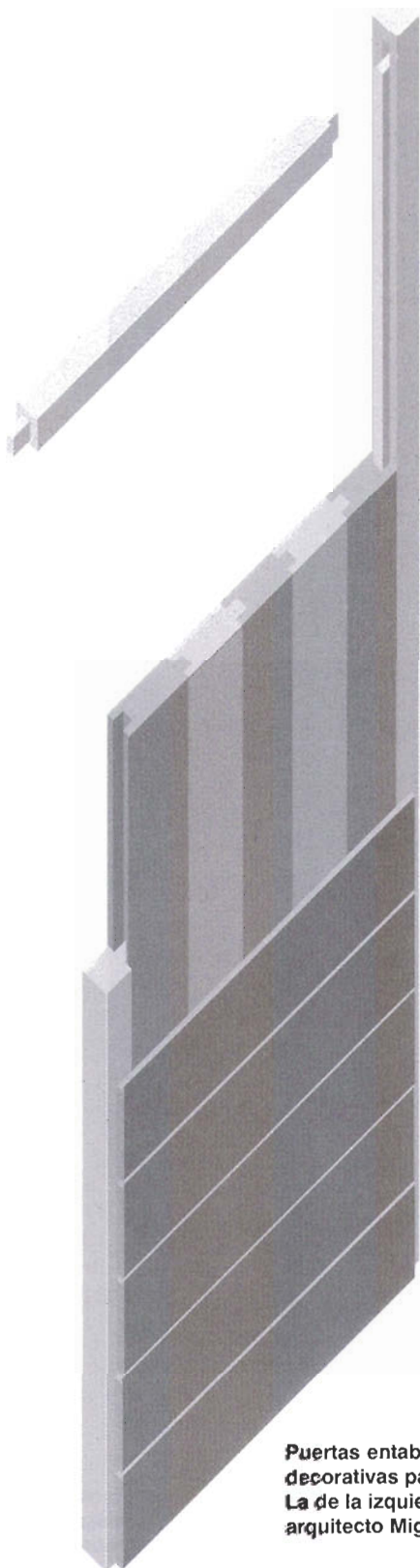
### Otros modelos

Para mejorar la estanqueidad el conjunto de la estructura puede recubrirse con tablero contrachapado.

La espalda del bastidor se rebaja todo alrededor de 4 mm para recibir paneles de contrachapado que cubren las juntas de las tablas y hacen estanca la puerta. Sobre estos tipos básicos existen muchas variantes. Es interesante por ejemplo destacar una puerta diseñada y muy empleada por Miguel Fisac en muchas de sus obras. Está formada por un alma de tablas machihembradas verticales de pino de baja calidad de unos 120 mm de ancho, recubiertas en ambas caras por tablas horizontales unidas a tope y con la



Puerta entablada robusta para exterior



**Puertas entabladas  
decorativas para interior.  
La de la izquierda es del  
arquitecto Miguel Fisac**



arista redondeada. Este revestimiento es de madera noble (normalmente nogal) de unos 6 mm de grueso y va clavado con botador al alma solapando sobre un recercado de la misma madera que hace el canto.

## Puertas castellanas

Estas puertas se componen de paneles moldurados o cuarterones y un armazón con ensambles a inglete o a escuadra. Los largueros llevan en sus extremos un cajeadado en donde penetra la espiga de los testeros y otras cajas intermedias para alojar a los traveseros, así como una ranura en el centro de su canto igual al del tablero del cuarterón.

La unión normal de las piezas molduradas que se encuentran en ángulo recto es a inglete o corte al sesgo de  $45^\circ$ , de difícil ejecución.

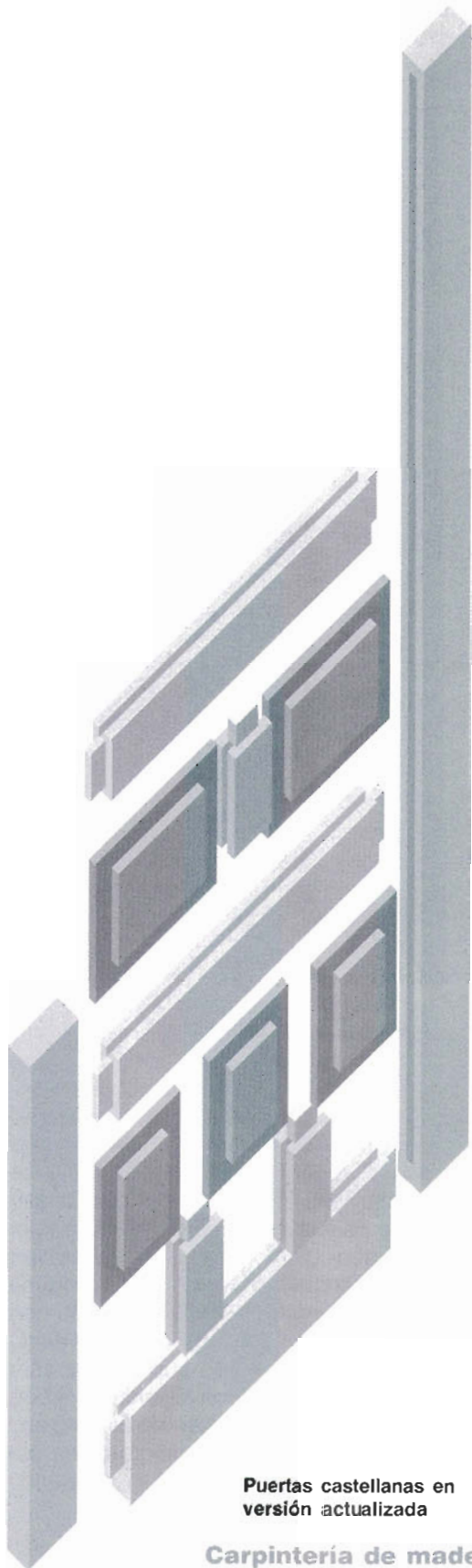
El aspecto de la puerta depende de su diseño pero debe tener características de estilo similares, como son la división de cuarterones y el uso de la madera maciza.

Pueden emplearse muchos tipos de especies. Sin embargo por fidelidad al estilo deben ser preferentemente de pino silvestre, pino laricio, roble, castaño o nogal. El sesgo de las fibras no debe ser superior a  $1/15$  en ninguna pieza.

Las piezas procedentes de madera aserrada del mismo modo, de forma que las fibras tengan una apariencia regular. Por ejemplo, no deberán ir juntas las procedentes de aserrado al hilo y al cuarto radial.

La presencia de nudos podrá ser considerada como elemento decorativo, sin embargo, no deberán producir disminución apreciable de las secciones.

El grosor normal de esta puerta es en torno a 40 mm.



**Puertas castellanas en versión actualizada**

# Maderas y chapas

## Especies más comunes

Para exterior se utilizan resinosas españolas como el Pino silvestre tipo Valsáin. Los Pinos americanos más utilizados en carpintería exterior e interior son los pinos amarillos del Sur y el Oregón y eventualmente el Cedro rojo del Canadá. De Norteamérica llega además Roble (blanco y rojo) que también se usan en forma de chapas. Algunos carpinteros experimentados recomiendan utilizar las maderas vernáculas de cada zona. Así por ejemplo el castaño va mejor en Asturias que en Alicante.

Para carpintería interior dominan las chapas nobles. De América del Sur vienen las Caobas y el Cedro americano si bien el suministro no es muy regular.

De las frondosas, la más dominante es el Roble y las tropicales, el Sipo, Sapelly, Framire, Mansonia, Mobingui, Moabi, Okumen e Iroko que van bien así mismo en interior. El sapelly se sustituye a menudo por meranti que es más barato y procede del Sudeste asiático. Entre las especies africanas, algunos fabricantes prefieren Iroko.

El Castaño, Fresno y Nogal son especies europeas que gustan más para interiores y decoración que para exteriores.

Para más información sobre especies utilizables, consultar el libro Especies de Maderas, de AITIM y ver las págs. 641 a 643.

## Secado

Junto a su color y veteado, el secado de estas maderas ofrece algunas peculiaridades interesantes.

Estas maderas requieren un secado complejo y largo lo que no es objeto de un libro de este tipo aunque sí conviene saber lo que supone dentro del proceso de fabricación. Veamos algunos ejemplos.

El Sapelly viene en escuadrías de 52 x 12 mm, está dos meses al aire hasta el 45-



50% y después en secadero, unos 25 días hasta llegar al 12% de humedad. En escuadrías de 32 x 300 mm están dos meses al aire y 18 días en secadero para alcanzar el 12%.

El Iroko llega en tablón de 50 x 125 mm, se seca al aire 4-5 meses hasta el 40-45% de humedad y después está un mes en el secadero hasta el 12%

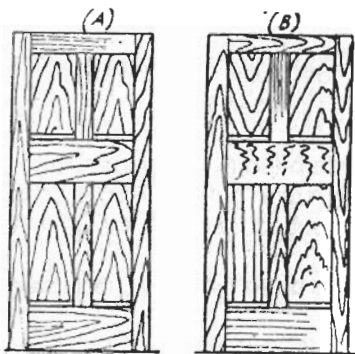
El Framire llega en escuadrías de 38 x 52 mm, está al aire 30-40 días hasta llegar al 45% de humedad y después un mes en el secadero hasta el 12% de humedad.

El Okume llega en escuadrías de 45 x 125 mm, está al aire dos-tres meses hasta alcanzar el 40% de humedad y después en el secadero 25 días hasta el 10-12%.

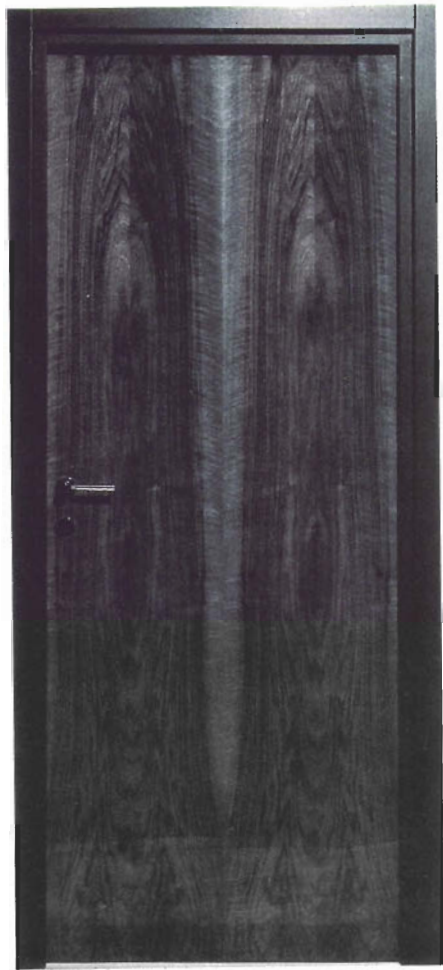
El Roble (tanto el rojo como el blanco) es una madera difícil de secar. Tanto es así que las escuadrías en gruesos importantes tienen un precio muy elevado por el tiempo empleado en secarla cuando con menor tamaño sería más corto su secado y menor su desperdicio y manipulación. En su país de origen, en gruesos de 26 y 32 mm está al aire un año o 3-4 meses en presecado a 28°C y humedad relativa alta, hasta alcanzar el 30% de humedad. Después en secadero, se hace el secado clásico a temperaturas más altas.

### Presentación de caras y chapas

En carpintería es importante el aspecto decorativo de las caras por lo que el dibujo de los paneles debe 'casar' adecuadamente. La fibra más separada debe colocarse en la parte inferior del bastidor.



Chapado correcto (A) e incorrecto (B)



Deben eliminarse, en los ensambles de caja y espiga, las fibras muy separadas y los nudos. El sistema de corte de las frondosas requiere eliminar la albura y el corazón en carpinterías de primera calidad. Lo ideal es utilizar piezas que tengan el grueso del bastidor y sean iguales en ancho, al miembro más ancho, que suelen ser los travesaños. Así, por ejemplo, dos largueros de 112 mm de ancho se obtienen de una tabla de 225 mm de ancho. Otras veces es aconsejable utilizar piezas más anchas que dos largueros para poder eliminar el corazón. Las chapas de raíz, como lupas de Olmo, etc. son también interesantes en los chapados.

Cuando se utilizan tablas macizas, cosa rara en la fabricación industrial, se prefieren en general cortes tangenciales porque tienen un dibujo más vivo. Pero cuando tienen que unirse varias tablas por el canto el movimiento del plafón podría ser inadecuado.

Los largueros deben ser siempre de corte radial para que el dibujo sea lo más recto posible.

### Entonados de color

Algunas combinaciones de color en bastidores/plafones o peinazos/cuarterones son socorridas: moabi-movingui, roble-moavi-movingui, por ejemplo.

## Cercos

Literalmente es lo que cerca o rodea la hoja. Es el elemento perimetral dentro del cual gira la hoja.

Muchas veces en el mercado, al cerco se le llama marco y normalmente es porque en ese caso al canto de la hoja se le llama cerco o recerco. El asunto no es más que una cuestión semántica si los conceptos están claros.

Las secciones de sus miembros, especialmente de las jambas, de las que cuelga la hoja, deberían ser lo suficientemente anchas como para que puedan sujetarse solo en dos puntos (arriba y abajo) aunque lo habitual es que se coloque un tercer punto en el centro.

Las escuadrías del cerco dependen del grosor del muro, de la existencia o no de precerco -en cuyo caso es menor-, y del peso y del tamaño de las hojas.

Los cercos normalmente son de madera maciza aunque últimamente se han introducido los de tablero de fibras de densidad media rechapados y en futuro lo será la madera microlaminada (LVL). En usos especiales puede acudir a cercos metálicos (en locales sometidos con fuerte agresión, por ejemplo).

Para los cercos se admite cualquier especie de madera o tablero de fibras de

densidad media, siempre que lo permitan sus condiciones particulares de exposición y seguridad.

El cerco tiene una forma básicamente rectangular, con una zona 'mordida', el resalvo o galce, que es donde apoya la hoja. La arista que queda libre se suele redondear o moldurar para evitar su deterioro por golpes.

El cerco de tablero de fibras tiene aristas redondeadas para facilitar su recubrimiento con chapa.

El cerco directo presenta en la cara que se une al tabique un perfil irregular o un acanalado para facilitar el agarre del mortero. El que se adosa a un precerco o a tabiquería prefabricada ("pladur" y similares), en cambio, es liso.

Los cercos más habituales tienen las dimensiones siguientes (medidas a haces exteriores):

### Puerta de entrada

1 hoja 879 x 2060 mm

### Puerta de paso

1 hoja 668 x 2055 mm  
768 x 2055 mm  
868 x 2055 mm  
2 hojas 1284 x 2055 mm  
1484 x 2055 mm  
1684 x 2055 mm

En cuanto a escuadrías los cercos (sobre precerco) más habituales son los siguientes:

### Puertas de entrada

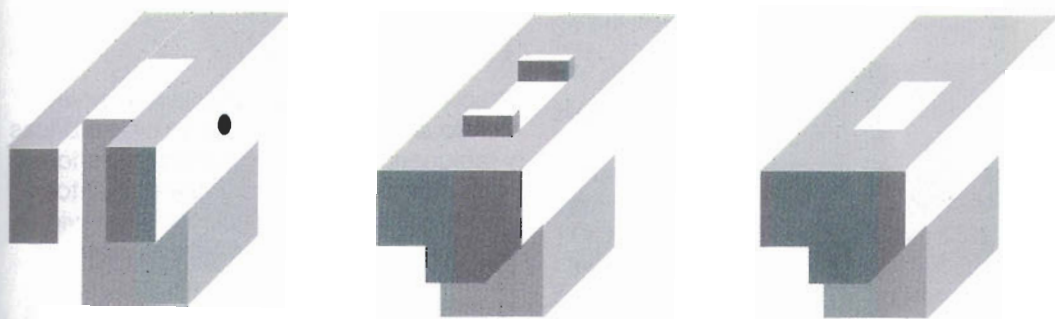
45 x 110 mm (con galce de 20 x 47 mm) con embocadura de 30 mm (tanto madera natural como MDF rechapado o lacado)

### Puertas de paso (madera natural)

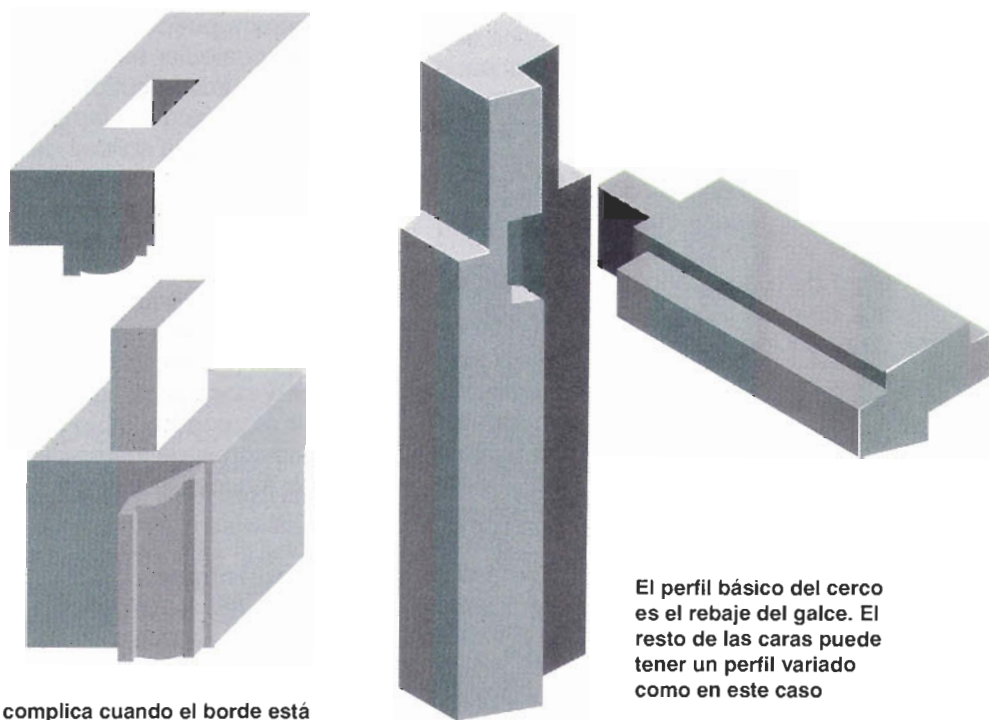
30 x 70 mm (con galces de 10 x 37, 42 ó 47 mm) y embocadura de 20, 40, 60 ó 70 mm.

### Puertas de paso (MDF rechapado o lacado)

30 x 140, 130, 110 90 ó 70 mm (con galces de 10 x 37, 42 ó 47 mm)



Uniones tradicionales larguero-testero del cerco con cogote. La fijación es con clavija, cuñas y encolado



El cerco se complica cuando el borde está moldurado

El perfil básico del cerco es el rebaje del galce. El resto de las caras puede tener un perfil variado como en este caso

### Ensamblajes de jambas y dintel

Son de tres tipos principales: caja y espiga con clavija, caja y espiga con dos cuñas (el más empleado y el más barato) y caja y espiga clavada. En la carpintería tradicional (cerco directo), el dintel o cabecero sobresale unos centímetros de la jamba formando un 'cogote' que sirve para afianzar el cerco en el muro o tabique.

El cerco se forma cajeando los extremos del dintel o travesaño y espigando las

jambas. A continuación se realiza el galce y se biselan las aristas. Se arma, se escuadra y se fija con riostras. Por último se aplica un acabado. Las riostras son rastreles de unos 18 x 50 mm que se clavan en los galces.

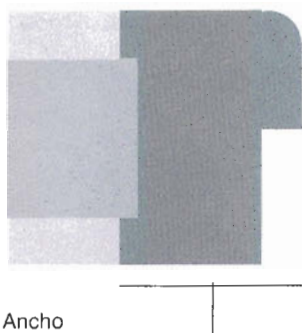
### Acabados

Cuando sean de madera maciza deberán cumplir las condiciones siguientes:

a) Madera maciza para barnizar:

No se admiten nudos que no sean sanos y





**Cerco directo**

su diámetro no será superior a 10 mm en las caras y tienen una limitación de tamaño<sup>5</sup>. En las partes ocultas (por la obra o por el precerco) puede aumentar<sup>6</sup>. También se admite la madera laminada.

Pueden existir fendas superficiales procedentes de variaciones transitorias de humedad pero no acebolladuras, ataques o restos de ataques de xilófagos u hongos de pudrición o cromógenos.

b) Madera maciza para pintar:

Se admiten nudos sanos y adherentes con una limitación de tamaño<sup>7</sup> y nudos saltadizos sustituidos por piezas de madera también con limitación<sup>8</sup> así como uniones dentadas por testa y madera laminada.

Pueden existir fendas superficiales procedentes de variaciones transitorias de humedad pero no acebolladuras, ataques o restos de ataques de xilófagos u hongos de pudrición. Sin embargo se admite azulado hasta un 20% del total de la pieza.

<sup>5</sup>la suma de los diámetros de los nudos por cada metro lineal no superará los 20 mm

<sup>6</sup>la anchura de los nudos podrá llegar hasta la mitad del ancho de la cara donde se manifieste

<sup>7</sup>cuando su diámetro sea inferior a dos tercios de la anchura de la cara donde se manifiesten

<sup>8</sup> siempre que el diámetro del nudo sea inferior a la mitad del ancho de la cara

## Precercos

Precerco es el marco-plantilla que sirve, dentro de la albañilería, para cerrar fábricas y tabiquerías con guarniciones posteriores de morteros, alicatados y revestimientos en general. Sirve a la vez de soporte previo para la fijación de la unidad completa de puerta.

Está formado por un conjunto de perfiles que se interponen eventualmente entre el hueco y el cerco para facilitar el montaje y proteger el cerco.

Los precercos pueden ser de madera maciza de cualquier especie, admitiéndose, por su carácter oculto, nudos y otras anomalías de cualquier tamaño, siempre que se mantenga la solidez de la pieza y que pueda cumplir con sus funciones.

Como es el caso de la madera atacada por insectos xilófagos u hongos de pudrición aunque sí se admite la madera azulada o con coloraciones producidas por hongos cromógenos.

Su forma es rectangular con un acanalado ancho y poco profundo para facilitar el agarre en la zona del tabique.

Las dimensiones de los precercos son (medidos a haces interiores) los siguientes:

### Puertas de entrada

1 hoja 889 x 2070 mm<sup>9</sup>

### Puertas de paso

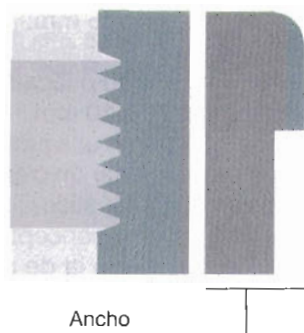
1 hoja 678 x 2070 mm  
778 x 2070 mm  
878 x 2070 mm

### Puertas de paso

2 hojas 1294 x 2070 mm  
1494 x 2070 mm  
1694 x 2070 mm

En cuanto a las escuadrías, los precercos más habituales son los siguientes:

<sup>9</sup>Las alturas se toman desde el nivel de referencia de la superficie del solado terminado.



**Cerco a través de precerco**

### **Puertas de entrada**

32 x 138 mm

32 x 108 mm

### **Puertas de paso**

32 x 138 mm

32 x 128 mm

32 x 108 mm

32 x 88 mm

32 x 68 mm

### **Condiciones de los cercos y precercos**

Los cercos pueden venir de taller montados mediante uniones ensambladas o en tipo kit con llaves para armarlos in situ. En cualquier caso suelen llevar hechos los cajeados para el posterior atornillado de las alas de las bisagras. Los que llegan armados incorporan listones diagonales y un travesaño inferior para mantener la escuadra y con una protección para el almacenamiento. El escuadrado del cerco se realiza en fábrica marcando desde cada esquina superior la misma distancia sobre el larguero opuesto. En esos puntos se clava un travesaño. El conjunto se rigidiza clavando dos riostras en las esquinas superiores.

La deformación del cerco o precerco (falta de planimetría) en puertas de todo tipo (interior, de entrada a piso, exterior y resistentes al fuego) no debe superar los 3 mm.

La falta de perpendicularidad entre largueros y testero en el cerco, determinado por la diferencia entre las dimensiones

de las dos diagonales, será menor a 6 mm.

### **Humedad**

El contenido de humedad de los cercos de madera y sus productos derivados son: para interior y entrada a piso, entre el 7 y 11% y para exterior entre el 10 y 15%. La densidad debe ser superior a 450 kg/m<sup>3</sup> en coníferas y a 530 kg/m<sup>3</sup> en frondosas. Cuando los cercos sean de tablero de fibras de densidad media, deberán cumplir con las normas correspondientes a este producto siendo recomendable que sean resistentes a la humedad cuando se coloquen con el sistema húmedo tradicional.

## **Tapajuntas**

El ancho tradicional del tapajuntas es de 70 mm (que salen de la escuadría habitual de 3", los 76 mm del tablón) después de labrar y regruesar.

Esta dimensión del tapajuntas sale casi necesariamente de su función:

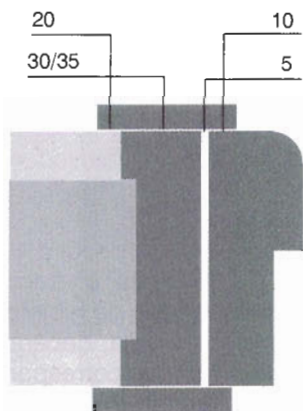
- cubre parcialmente el muro (15-20 mm)
- cubre totalmente el precerco (30 o 35 mm)
- cubre la holgura entre cerco y precerco (5 mm)
- cubre un poco el cerco (10-15 mm)

Darle más no es aconsejable porque tiende a alabearse y además en las viviendas actuales, tan ajustadas de superficie, en las zonas conflictivas apenas hay mocheta y habría que acabar recortando la pieza.

En cuanto al grueso, depende del material del que esté hecho.

Si es de madera natural lo habitual es que sea de 10 mm pero si es tablero MDF rechapado puede ser hasta de 25 mm. Y si es lacado puede ser de 32, 25 y 12 mm.

En cuanto a su forma, los tapajuntas pueden ser planos y moldurados.



Dimensionado del tapajuntas

## Unidad de hueco de puertas

Aunque los fabricantes tradicionales estaban en contra, por la previsible actitud negativa de los instaladores, la unidad de hueco se ha acabado imponiendo. Las constructoras también quieren las puertas lo más terminadas posible ya que barnizar en obra es mucho más caro y de peor calidad. Esta puerta, aunque quita valor añadido al carpintero instalador, es mucho mejor producto para el usuario.

Utiliza normalmente un cerco extensible, lo que le permite poderse colocar en tabiques de distintos groesos.

Los precercos suelen ser de madera maciza (normalmente de pino) con groesos en torno a 32 mm y anchos variables desde 62 hasta 128 mm.

Los cercos pueden ser de tablero de fibras de densidad media hidrófugos, para que eventualmente puedan soportar humedades que vengan de la tabiquería.

Los cercos en puertas de paso pueden ser de madera maciza o de tablero MDF rechapado o lacado con groesos en torno a 30 mm y ancho de 70 mm, si es madera maciza, y de 70 a 130 mm si es tablero MDF rechapado o lacado. En las puertas

de entrada el cerco es de 45 mm.

El tapajuntas puede ser de madera natural o de tablero MDF rechapado o lacado con secciones en torno a 70 x 10 mm.

Algunos cercos incorporan una junta de neopreno para proporcionar un cierre estanco y mayor aislamiento acústico.

Este sistema permite otro concepto novedoso, con tecnología similar a la de muebles de cocina, a base de hoja y cercos melaminizados. Presenta como problema el gran peso de la hoja. Es necesario fijarla a las bisagras o pernios mediante tornillos de gran longitud que penetran en el muro hasta 7-8 cm.

Por eso en general el block se monta con hojas de puerta plana alveolar, que pesa menos y da un conjunto ligero.

En el sistema tradicional de colocación de las puertas implica la total separación de hojas, herrajes, cerco y precerco. Con la Unidad Completa, en cambio, todo ello se entrega unificado a la obra después de salir completamente terminado de fábrica.

Por eso las unidades deben especificarse claramente si son de apertura a derechas (a favor de las agujas del reloj) o a izquierdas (contra las agujas del reloj) ya que, a diferencia de las hojas sueltas, no son intercambiables en obra. Por su sistema de apertura son abatibles (no existen todavía sistemas deslizantes).

Como las hojas tienen medidas normalizadas de 625, 725 y 825 mm de ancho por 2030 mm de alto, las unidades completas son alrededor de 784, 884 y 984 mm de ancho por 2113 mm de alto.

Las hojas pueden ser alveoladas (planas, de moldura estampada o con paramento moldeado), alveollenas (molduradas bajo relieve) o mixtas y llenas (molduradas bajo relieve) y tienen las dimensiones estándar (625, 725 y 825 mm de ancho por 2030 mm de alto).

Los herrajes de cuelgue son pernios (4 si son de alma llena y 3 si son de alma alveolada) y los de cierre, resbalón universal.



# Puertas especiales

El mercado de puertas especiales es minoritario pero constante y da un gran valor añadido a la puerta, lo que la hace económicamente interesante para algunos fabricantes.

Destacan las puertas resistentes al fuego (P.R.F.), las puertas aislantes contra radiaciones de baja longitud de onda (fundamentalmente rayos x), las aislantes térmicas, acústicas, de seguridad y las de dimensiones especiales.

## **Puertas térmicamente aislantes**

Son puertas que han recibido un diseño especial para mejorar su capacidad aislante frente a temperaturas diferentes. Las más importantes son las puertas resistentes al fuego. Otras, simplemente pretenden aumentar ligeramente su capacidad aislante. Por ejemplo las puertas que separan un local muy frío de otro normal (como un garaje adosado a una vivienda). Tienen estructura de sandwich con un alma de material aislante (por ejemplo un poliuretano de 35 mm que da un coeficiente K de 1,6 W/m<sup>2</sup> C). A diferencia de otros países, la puerta estandar en España es un elemento constructivo al que no se le exige ser aislante térmicamente.



## Puertas resistentes al fuego

Son aquellas en las que se ha mejorado su comportamiento al fuego.

La puerta resistente al fuego forma una unidad completa que engloba hoja, cerco y herrajes; frente a una mala práctica, desgraciadamente extendida, hay que recordar que una hoja de puerta sola no puede considerarse como puerta resistente al fuego.

La cualidad de puerta RF no puede definirse por diseño, debe demostrarse mediante ensayo para el conjunto (hoja, cerco y herrajes).

Su comportamiento frente al fuego es

exigible en función de su ubicación, según normas de obligado cumplimiento en la mayoría de los países (ver apartado correspondiente).

### Conceptos básicos de las puertas resistentes al fuego

La madera y sus derivados son combustibles y no existe tratamiento que cambie esto pero, aunque resulte paradójico, al mismo tiempo es buen aislante térmico y mantiene sus propiedades mecánicas durante gran parte del incendio. Si además se le proporciona un tratamiento adecuado, impregnándola o revistiéndola, sus resultados mejoran, no en cuanto a su naturaleza, sino en cuanto a su comportamiento.

Por eso es relativamente fácil obtener resistencias al fuego importantes en puertas (media hora, una hora y más) en comparación con las puertas metálicas.<sup>1</sup> Esa resistencia al fuego de la madera se debe a que transmite muy mal el calor y a que, al quemarse, su capa exterior se descompone con una velocidad de carbonización hacia el interior, prácticamente constante, de 0,7 mm/min lo cual, 'a grosso modo', significa que para conseguir una propiedad cortafuego de 30 minutos teóricamente bastaría un espesor de  $30 \times 0,7 \text{ mm} = 21 \text{ mm}$  y una hoja de puerta de 40 mm resistiría en teoría  $40 \text{ mm} / 0,7 = 57$  minutos (sin tener en cuenta, claro está, las pérdidas debidas a herrajes metálicos, juntas y uniones de los distintos elementos).

Se trata, por tanto, de una característica

<sup>1</sup> Una puerta metálica normal (bastidor de tubo y paramentos de chapa) tiene propiedades cortafuegos de apenas 2 minutos mientras que una puerta plana de madera alcanza (con una constitución similar) fácilmente 7-8 minutos y una carpintera, 30-45 minutos. Como cortafuegos, la chapa de acero no sirve y se curvan de manera muy desigual en ambas caras. Las puertas metálicas revestidas con chapa de acero sufren dilataciones pero no dejan pasar la llama. Para hacer una puerta metálica cortafuego es necesario romper la continuidad metálica, de un lado a otro de la puerta a base de productos caros y de complicada colocación, además de necesitar herrajes

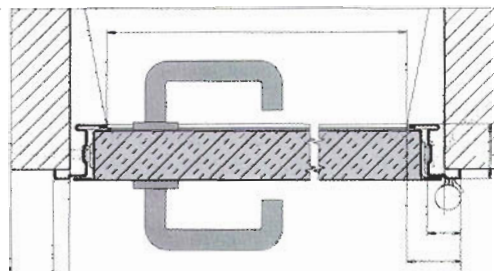
importante porque permite proyectar con seguridad elementos resistentes.

### La madera y los incendios

Un incendio es una combustión intensa de materiales que genera cuatro componentes: llamas, calor, humos y gases. Existen cuatro clases de fuegos en función de los materiales susceptibles de combustión<sup>2</sup>. El desarrollo de un incendio presenta fases bien definidas cuyo estudio ha inspirado los ensayos de laboratorio. Se expresa gráficamente en una curva de incendio paralela a una curva de fuego<sup>3</sup>. En general los incendios se ocasionan accidentalmente y la madera no inicia espontáneamente su combustión sin una fuente de calor de cierta magnitud.

### Materiales que mejoran la resistencia al fuego de la puerta

Para que una puerta pueda tener una resistencia al fuego mejorada la mayoría de sus componentes deben ser resistentes al fuego, estar adecuadamente protegi-



Típico perfil de puerta metálica resistente al fuego

especiales. La única solución es que la cara expuesta y la no expuesta estén separadas físicamente en dos piezas, teniendo además en su interior un aislamiento térmico, lo que la encarece.

<sup>2</sup>La norma UNE 23010 hace la siguiente clasificación:  
Clase A: originado sobre materiales sólidos orgánicos con formación de brasas  
Clase B: originados sobre líquidos (aceites, gasolina, pinturas y disolventes, etc.)  
Clase C: originados sobre gases (acetileno, butano, hidrógeno, propano, etc.)  
Clase D: originados sobre metales ligeros (aluminio, manganeso, etc.) O alcalinos (sodio, potasio, etc.)

dos o ser materiales aislantes. Los materiales aislantes que mejoran la resistencia de las hojas son:

### la madera maciza

La madera maciza es un material con baja reacción al fuego pero que aporta una notable resistencia al fuego<sup>4</sup>. La madera en su estado original puede considerarse un material M-3 que puede pasar mediante procesos de ignifugación a M-2 e incluso a M-1.

La primera y principal característica de la madera es su bajo coeficiente de conductividad calorífica, es decir, su capacidad de aislamiento térmico<sup>5</sup>.

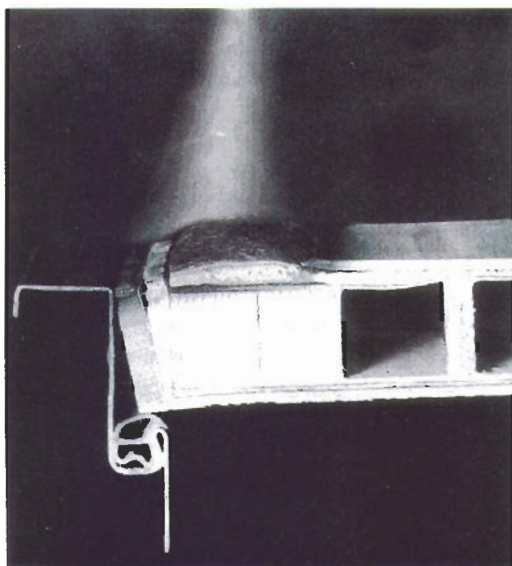
Este coeficiente es particularmente bajo en dirección perpendicular a la veta, que es precisamente la dirección habitual de ataque del fuego.

Otra de las razones que avalan el buen comportamiento de la madera respecto al fuego es su contenido en agua. En una

<sup>3</sup> Las fases de desarrollo del incendio según las normas UNE 23.093 y DIN 4102 son las siguientes:  
Fase 1: Inicio con aumento rápido de la temperatura, aparición discreta de humos y gases, temperaturas de hasta 500º C y atmósfera con un 20% de oxígeno  
Fase 2: Rápido desarrollo con incremento brusco de la temperatura hasta 1200º C, invasión por humos y atmósfera con 15-20% de oxígeno.  
Fase 3: Declive lento con caída de la temperatura, persistencia de humos y gases de combustión. Formación de brasas y atmósfera con menos de 15% de oxígeno.

<sup>4</sup> El comportamiento al fuego de un material se analiza por su Reacción al fuego (su capacidad de proporcionar 'alimento' al fuego, es decir, su combustibilidad pura). La Resistencia al fuego es aplicable a productos, no a materiales, y expresa la aptitud de un elemento constructivo para conservar durante un tiempo determinado, la estabilidad, estanqueidad, aislamiento térmico y no emisión de gases inflamables. Para el análisis de ambos conceptos existe una batería de normas UNE. Según la norma UNE 23.727-90 las materiales se clasifican en una escala de diferentes niveles:

M-0 No combustible (fibrocementos, silicatos, lanas minerales,...)  
M-1 No inflamable (Aglomerados M-1, DM-1, ...)  
M-2 Difícilmente inflamable (Aglomerado M-2,...),  
M-3 Medianamente inflamable (Aglomerado homogéneo,...)  
M-4 Fácilmente inflamable (Plásticos, fibras textiles,...)



### Reacción del material intumescente ante el fuego

combustión de madera, se produce vapor de agua además de los gases. Este proceso consume calor, reduciendo así el valor total de calor generado.

La emisión de gases tiene lugar prácticamente por el lado expuesto al fuego y en cantidades inapreciables por la otra, siendo en todo caso carentes de toxicidad especial.

La estabilidad mecánica de la madera viene condicionada por su baja conductividad térmica que garantiza la ausencia de contracciones y dilataciones propias, por ejemplo, de los metales. Otros factores que pueden aumentar circunstancialmente esta resistencia son,

<sup>5</sup> El aislamiento se define por el tiempo en minutos completos durante el cual la puerta mantiene su función separadora durante el ensayo sin desarrollar temperaturas elevadas en su cara no expuesta de:  
a) incremento de la temperatura media inicial no superior a 140º C o  
b) incremento de la temperatura en cualquier punto no superior a 180º C

Los coeficientes de conductividad calorífica de los elementos más usados en construcción son:

Materiales	Kcal/m.h <sup>2</sup> C
Aluminio	175
Hierro	50
Vidrio	0.7
Madera	0.1



por ejemplo, el grosor y la especie a la que pertenezca. En este último caso está en razón directa a su densidad, por eso algunos códigos recomiendan determinadas frondosas -roble, teka, jarrah, kami, padauk, burmah- con mayor capacidad aislante, aunque es una alternativa compleja porque se trata de especies de difícil obtención.

Experimentalmente se ha demostrado que la rapidez de combustión baja hiperbólicamente respecto a la densidad. Una última opción, aunque poco viable, consiste en proteger la muestra en auto-clave con sales ignífugas.

### tableros de madera ignifugados

Estos tableros se fabrican incorporando a los adhesivos o a la astilla productos especiales que mejoran sustancialmente su reacción al fuego.

La producción de tableros ignifugados se inició en España en el año 1967, para el sector de la construcción naval, a base de sales de ácido fosfórico.

### tableros de partículas

Los tableros de partículas estándar o aglomerados homogéneos presentan una reacción al fuego:

M-4 los de grosor igual o menor a 15 mm.

M-3 los de grosor igual o mayor a 16 mm.

Sin embargo, sometidos a tratamientos ignífugantes, durante el proceso de fabricación, pueden pasar a M-2 y M-1 sin perder sus características físico-mecánicas.

El tratamiento ignífugante se aplica por dos procesos distintos:

- En la materia prima (astilla) o ignifugación en masa, impregnando la cola con amalgamante con sulfato monoamónico.

- En superficie, una vez terminado el proceso mediante Fosfato Bórico (Bórax). Ambos tratamientos son complementarios en cuanto actúan uno en el interior y otro en el exterior, donde la acción del fuego

es más intensa.

En principio, obtener las clasificaciones de M-1 y M-2 puede parecer sólo función de las cantidades de los aditivos ignífugantes citados que se apliquen, pero esta ignifugación no puede ser indiscriminada, pues la incorporación de estos aditivos en cantidad descontrolada afectarían al coeficiente de flexión haciendo al tablero más quebradizo al eliminar su humedad intersticial<sup>6</sup>.

### tableros de fibras

Los tableros de fibras más conocidos y empleados son los tableros de densidad media, que presentan una reacción al fuego ligeramente mejor que los aglomerados de partículas, para los mismos gruesos. Como en el caso anterior, sometidos a tratamientos de ignifugación pueden pasar fácilmente a M-1 sin perder sus características físico-mecánicas<sup>7</sup>.

### acero

Los herrajes de cuelgue y las cerraduras, por ser elementos metálicos, absorben rápidamente el calor y lo transmiten, actuando como puentes térmicos siendo, por tanto, puntos débiles del conjunto. Los herrajes deben ser de materiales que no fundan durante el incendio, como el aluminio y el zinc, recomendándose el acero. Además deben protegerse con

<sup>6</sup> Las normas UNE que regulan los ensayos para valorar las características de inflamabilidad, combustibilidad, etc. son UNE 23-721 y UNE 23-727. Las características físicas y mecánicas que se mantienen sobre sus opciones básicas no ignifugadas suelen ser según fabricantes:

	Gruesos 5 a 20 mm	Gruesos 20 a 30 mm
Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	720-630	630-560
Flexión (Kg/cm <sup>2</sup> )	200-220	170-200
Tracción (Kg/cm <sup>2</sup> )	5 - 6	4 - 5

<sup>7</sup> Las características físico mecánicas las cuales se mantienen sobre sus opciones básicas no ignifugadas suelen ser según fabricantes:

	Espesor 5-20mm	Espesor 20-30mm
Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	760-800	720
Flexión (Kg/m <sup>2</sup> )	280-300	250
Tracción (Kg/m <sup>2</sup> )	6 - 6.5	5.5

material intumescente y a que el acero es parallamas pero no cortafuegos y sufre dilataciones. Para corregir esta debilidad de la cerradura metálica se desarrollaron cerraduras de tres puntos que solucionaron momentáneamente el problema aunque fallaban de forma abrupta.

Las cerraduras con tres puntos (tipo falleba) impiden el pandeo de la hoja durante más tiempo, con lo que se limita el paso del calor, deben ser extraplanas y protegidas con material aislante.

No deben emplearse clavos en la zona expuesta.

### vidrio

El vidrio «ordinario» rompe al mínimo incremento de temperatura, por lo tanto no presenta ninguna barrera al paso del fuego.

El vidrio armado ofrece una notable defensa, pero sobre todo una seguridad en el caso de rotura en la medida en que las esquirlas o fragmentos no se desprenden violentamente.

Sólo en ocasiones presenta un cierto freno a la llama, siendo susceptible de clasificarse en contadas ocasiones como parallamas pero nunca como cortafuego. Los vidrios parallamas se mantienen estables al fuego pero no aíslan térmicamente pues dejan pasar un alto flujo de calor. Estos vidrios son los primeros que merecen consideración.

La fabricación de vidrios parallamas es mediante agentes nucleantes, como el circonio y el titanio, en hornos especiales a 1700°C lo que les confiere altas resistencias a la fusión. Posteriormente reciben un tratamiento especial de ceramizado que les confiere transparencia y una dilatación prácticamente nula. Estos vidrios admiten temperaturas de hasta 700°C y una seguridad ante choques térmicos de hasta 800°C gracias a su bajísimo coeficiente de dilatación. Por encima de estas temperaturas comienza un proceso de degradación por la pérdida de transparencia hasta llegar a ablandarse. Se presentan comercialmente en

planchas de 3 a 5 mm de espesor.

Los vidrios laminados de similares características a los anteriores, de dos o tres capas llevan un intercalado intumescente que, en caso de incendio, reacciona transformándose en una película de células refractarias asegurando así la estanqueidad a las llamas y el aislamiento térmico.

### colas y barnices

Las colas y barnices a utilizar en las puertas resistentes al fuego han de tener, además de un adecuado comportamiento ante éste, ciertas características de compatibilidad con los elementos que forman la puerta.

Unas colas que aportan una fuerza de sellado especial muy conveniente para la fabricación de puertas resistentes al fuego son las de Resorcinol. En el rechapado de las puertas se utiliza cola de Urea.

### aglomerados inorgánicos

Los más usados son: lana de roca, amianto-cemento, fibrocemento, amianto, vermiculita y perlita, fibra de vidrio, etc. El tablero de yeso, muy usado inicialmente, contiene un 21% de aguas de cristalización que sólo salen fuera a alta temperatura antes de que tenga lugar la calcinación y es, por tanto, un buen aislante al requerir que el agua se evapore.

### Fórmulas sencillas para hacer incombustible la madera

A principios del siglo XX la utilización de mezclas combustibles en las luces relámpago empleadas en fotografía obligó a desarrollar baños de fácil aplicación para hacer incombustible la madera de las cámaras de galería, así como los papeles y telas de los decorados en los estudios fotográficos. Estas fórmulas se utilizan todavía con éxito, con la ventaja de su facilidad de empleo, pues basta sumergir el objeto a tratar en la siguiente solución:

	Partes
Sulfato amónico	8
Acido bórico	3
Bórax	2
Agua	100

Otro compuesto que servía para el mismo fin es el siguiente:

Agua caliente	1 litro
Ácido bórico	10 gramos
Sulfato amónico	100 gramos
Gelatina	20 gramos

### Productos químicos retardantes

El uso de estos productos es muy antiguo. Los egipcios sumergían la madera en una disolución de vinagre y alumbre; los romanos añadían a estos compuestos otras sustancias incombustibles como arcillas y limo. En 1821 Gay-Lussac utilizó las combinaciones de fosfato amónico con cloruro amónico y de cloruro amónico con bórax para proteger la madera. Los productos retardantes actúan durante el proceso de combustión con los siguientes efectos:

- producción de gases incombustibles como las sales amónicas. Los carbonatos y las sales amónicas presentan el inconveniente de ser fácilmente disueltas por la lluvia <sup>7</sup>.
- absorción de calor con sustancias que retienen humedad y sufren reacciones endotérmicas como determinadas soluciones de carbonatos y silicatos y la escayola por su propia higroscopicidad.
- formación de una capa protectora como las pinturas intumescentes que se hinchan por la acción del calor.
- formación de una capa cristalina por fusión de boratos y silicatos que recubren con una fina película que retrasa el escape

de gases inflamables. Forman pequeñas y numerosas burbujas. Resultan poco decorativos y son incompatibles con otros productos de acabado.

- formación de espuma cuyas burbujas de aire aíslan térmicamente. Las más utilizadas son las resinas de urea-formol aunque se conservan mal y se alteran con el tiempo.

- producción rápida de una capa carbonosa que estimula la creación de CO<sub>2</sub> y de una capa carbonosa que aísla: ácido fosfórico y el sulfúrico. En las pinturas se consigue añadiendo azúcar. Se empezó empleando cartón de amianto de unos ocho milímetros de espesor o mortero armado con tejido de alambre cerámico. Cuando se trataba de dificultar la inflamación de la madera o sólo permitir su carbonización, se utilizaba el vidrio soluble mezclado con creta o arcilla, óxido cálcico apagado con una solución de cloruro cálcico o soluciones naturales saturadas de sulfato, fosfato o borato amónico.

Si se optaba por procedimientos de impregnación se utilizaba el procedimiento Moores consistente en introducir la madera bien seca en calderas llenas con lechada de cal, impregnándola a gran presión.

- con la acción del agua se produce un efecto refrigerante.

### productos intumescentes

Son de dos grupos: pinturas y barnices o enlucidos inorgánicos como amianto, vermiculita, silicatos, etc. o bien placas, tiras o masillas. Son materiales M-0.

### Pinturas y barnices

Se aplican sobre la superficie de las piezas de madera y evitan la formación o aparición de llamas. Su acabado puede ser transparente para no enmascarar la madera u opaco para tajarla, ofreciendo un buen acabado tipo pintura. Las capas de producto pueden aplicarse por pincelado, pulverizado o por procesos mecánicos (cortinas de barnizado) y deben

<sup>7</sup>Por desprendimiento de amoníaco (NH<sub>3</sub>), los carbonatos por desprendimiento de anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>), los derivados clorados por desprendimiento de cloruro de hidrógeno (HCl). Tienen el inconveniente de la acción sofocante del NH<sub>3</sub> y la corrosiva de HCl y la sumamente tóxica del fósforo que se puede formar con los compuestos clorados.



tener el espesor de película definido para que sean activos.

Los recubrimientos superficiales utilizan productos químicos retardadores del fuego similares a los que se emplean en la impregnación de la madera o a los que se incorporan a los tableros.

Existen dos tipos de productos, las pinturas intumescentes y las no intumescentes:

a) pinturas intumescentes. Están compuestos esencialmente por una sustancia que emite gases inertes que con el calor, se descompone a una temperatura notablemente inferior a la de la carbonización de la madera.

Los primeros barnices intumescentes, puestos a punto por una firma alemana en 1966, eran a base de resinas fenólicas de fraguado en frío con dos componentes (resina y endurecedor).

Otros se fabricaban a base de silicatos, boratos, óxido de antimonio, etc.

Se aplicaban en películas delgadas -de una fracción de milímetro a veces- o en varias capas, como las pinturas convencionales, y bajo la influencia del calor, se transformaban en un enlucido poroso, hinchable y parecido a un merengue, con varios milímetros de espesor. Si la acción de la llama es de poca duración, el material puede ser devuelto a su estado primitivo, eliminando el "merengue", al lijarlo ligeramente.

Hace años el aspecto antiestético de estos productos era su mayor inconveniente pero posteriormente se pusieron a punto productos de aspecto mate o satinado decorativo, aptos para decoración de interior. En España se desarrollaron mucho en los años 70. A finales de la década de 1960 la firma IPESA presentó en España la pintura ALBISAF. Su capacidad aislante se basaba en la reacción que se produce en la pintura por efecto del calor, creando una capa gruesa aislante. Se comercializaba a un alto precio y con poca variedad de colores.

Las espumas empezaban a actuar a 200-300°C con formación de burbuja. La

espumación se intensificaba a temperaturas más elevadas, formando una capa refractaria compuesta de muchos poros, a la vez que empezaba la carbonización de su superficie exterior con una capa relativamente sólida. Al seguir subiendo la temperatura, esta capa se incineraba, perdiendo su fuerza adhesiva, con desprendimiento y formación de grietas y pérdida de eficacia. Existen dos tipos de espuma: porosa e impermeable.

b) pinturas no intumescentes. Los tipos más comunes se formulan con materiales que generan una interface química aislante cuando se aplican altas temperaturas. La eficacia de un barniz o de una pintura ignífuga depende de sus aptitudes para resistir las presiones a las cuales están sometidos por altas temperaturas. Otro factor de eficacia es la elasticidad del producto en frío. Tienen una duración de eficacia de protección muy variable.

### Tiras y planchas ignífugas

Su aplicación en fabricación de puertas es fundamental pues hace posible el sellado de la junta entre cerco y hoja impidiendo el paso de llamas, humo y gases y atenuando el puente térmico de los componentes metálicos. Su forma de actuar es muy similar a la de las pinturas y barnices: se hinchan o aumentan de volumen ("espuman") cuando se aplican altas temperaturas, formando una capa aislante que protege a la madera y a los elementos metálicos.

En la fabricación de puertas se emplea básicamente un solo producto que ha resultado de gran eficacia. Consiste en silicato sólido hidratado con pequeñas cantidades de componentes orgánicos, partículas de vidrio y un tejido exterior de fibra de vidrio en forma de malla para darle cierta textura. Todo ello va recubierto exteriormente por un revestimiento de resina epoxy que protege de los agentes atmosféricos y en especial del anhídrido carbónico.

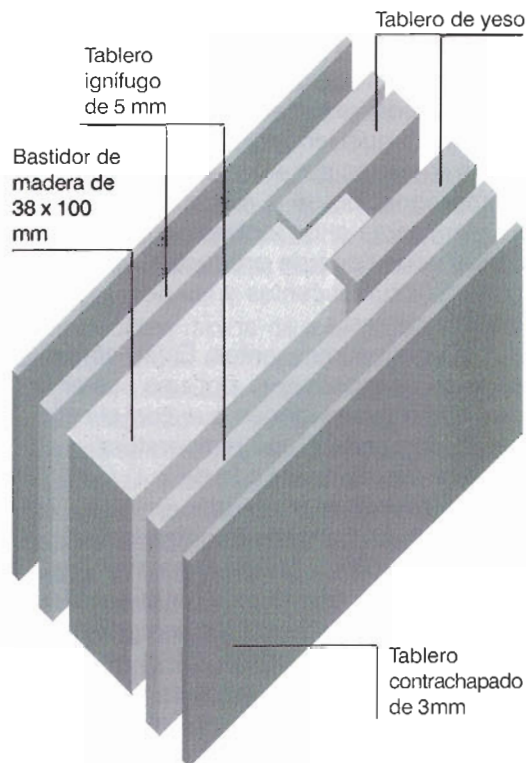
Este material, estable a temperatura ambiente se vuelve plástico a temperaturas



Tablero contrachapado

Tablero ignifugo

Tablero de yeso



entre 60 y 100°C. Si la temperatura aumenta entre 100 y 150°C comienza en su interior a burbujear, dando como resultado un incremento de espesor por la liberación de agua del Silicato Sódico Hidratado. Entre los 150 y 250°C se forma una espuma generalizada y constante. Esta espuma es incombustible, buen aislamiento térmico y resistente a la compresión, no funde ni pierde estas propiedades hasta los 940°C. Las propiedades que hacen que la puerta acabada cumpla las condiciones de resistencia al fuego son las siguientes:

- aislamiento térmico
- capacidad de espumar
- resistencia a la compresión
- capacidad ignifugante
- punto de fusión mayor que 940°C

La conductividad térmica este producto es:

- antes de espumar: 0,7 Kcal/m.h.°C
- después de espumar: 0,05 Kcal/m.h.°C

**Modelo de puerta resistente al fuego inglesa de los años 70**

La estabilidad del producto con el paso del tiempo en condiciones normales es de 15 años.

Otros productos empleados son los fibrosilicatos. Su función es oponer con poco peso una barrera eficaz. No es espumante y tiene distintas densidades. Se comercializa en placas de diversos espesores pero no suelen superar los 20 mm.

Su conductividad térmica es:

- baja densidad: 0,071 Kcal/m.h.°C
- alta densidad: 0,149 Kcal/m.h.°C

## Factores de diseño

En primer lugar deben evitarse puentes térmicos. En este sentido el mayor peligro es una junta ancha, aunque debe ser compatible con una holgura mínima, en torno a 3 mm. Para cerrar las holguras, que son los puntos críticos en caso de incendio, se utilizan productos intumescentes, principalmente en forma de tiras, que cierran el paso del calor y de las llamas.

El solape también es importante, por eso los galces deben tener como mínimo 25 mm. La holgura respecto al suelo no es crítica.

Otro puente térmico posible es el cerco por eso se recomienda que no sea metálico porque es muy conductor. Los cercos de madera son muy aislantes, alcanzando media hora de resistencia al fuego con mucha facilidad pudiendo obtener mayores valores (hasta hora y media) con productos intumescentes o con mayor sección.

Las puertas con elementos vidriados difícilmente resuelven la conductividad térmica. Si se concibe la puerta como parallamas, puede emplearse vidrio armado. En general se deben emplear vidrios especiales.

La puerta debe ser estructuralmente sólida.

Los adhesivos serán también termoestables.

Basados en la experiencia de ensayo de prototipos<sup>8</sup> se pueden llegar recomendar diversas medidas para conseguir mayores tiempos cortafuego/parallamas (RF/PF):

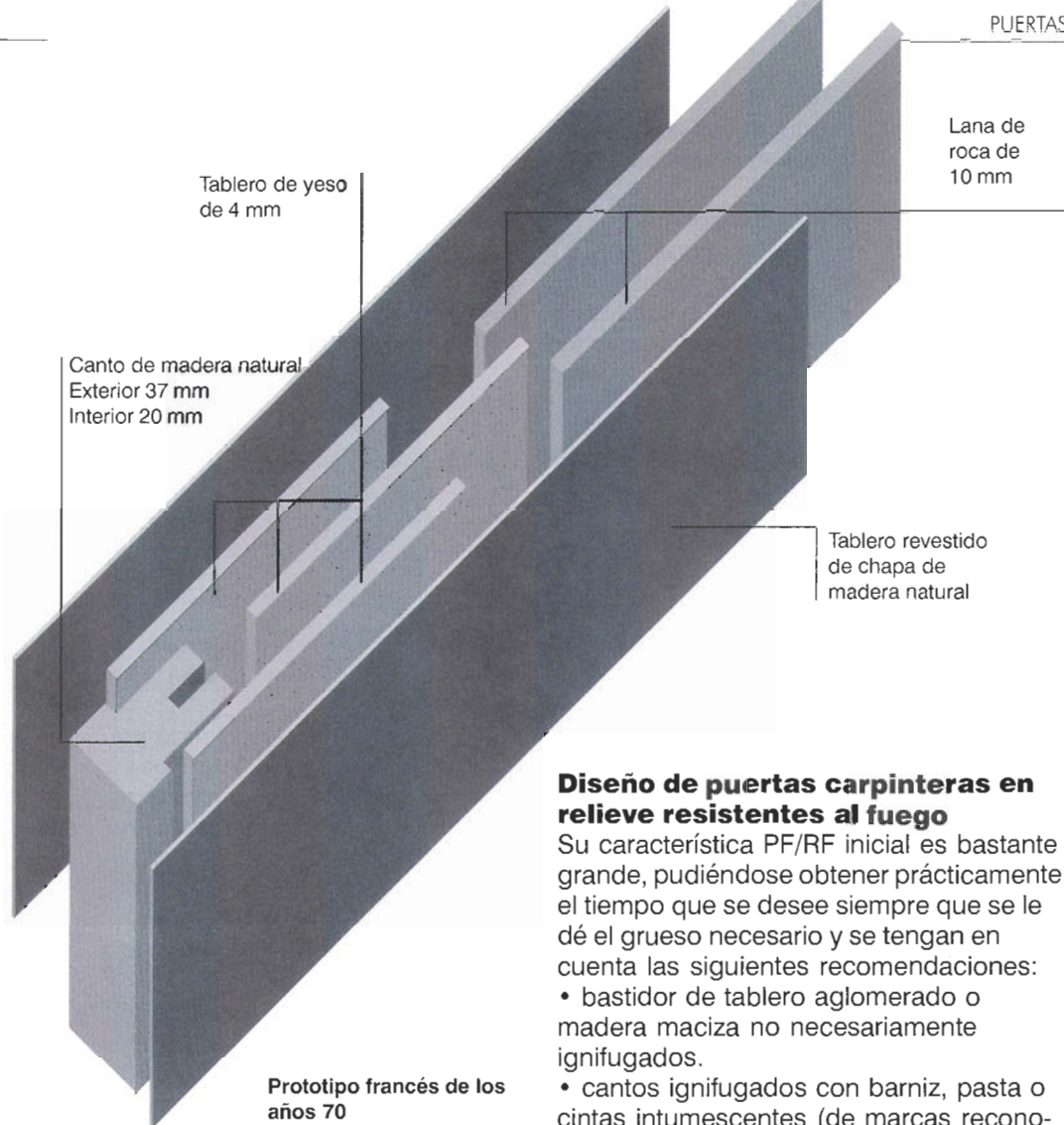
### Diseño de puertas planas resistentes al fuego con alma de cartón

El alma es el puente térmico más peligroso de esta puerta. Por sus huecos, y más al deformarse porque provoca nuevas fisuras, se produce el paso del calor; apenas resiste 5 minutos. Su reacción al fuego es muy alta: fácilmente inflamable (M-4) porque sus paramentos son muy delgados. Para alcanzar los 15' (mínimo exigible en algunos países) la única posibilidad es cambiar el alma alveolada por un tablero de partículas estándar. Aumentando el grosor de éste se puede llegar a media hora ya que el tablero tiene un coeficiente de transmisión térmica de 0,8 a 0,15 kcal m/m<sup>2</sup> °C. A mayores grosores, más resistencia [RF = 1/0,7 x (d-3)]. El único inconveniente es el aumento de peso y la disminución de la resistencia mecánica. Sólo hay que tener cuidado con la resistencia de las cerraduras y pernios. Otros medios para conseguir 30 minutos de resistencia al fuego en este tipo de puertas son los siguientes:

- barnizar o pintar con barnices o pinturas ignífugas.
- utilizar herrajes especiales que posean un dispositivo que interrumpa el puente térmico.

<sup>8</sup>La clasificación se efectúa una vez transcurrido el tiempo de ensayo, de acuerdo con los criterios siguientes: resistencia mecánica, estanqueidad a las llamas y aislamiento térmico (temperatura media inferior a 140° y puntual, 180°C) La duración del ensayo indica el grado corta-fuego.





### Diseño de puertas carpinteras en relieve resistentes al fuego

Su característica PF/RF inicial es bastante grande, pudiéndose obtener prácticamente el tiempo que se desee siempre que se le dé el grueso necesario y se tengan en cuenta las siguientes recomendaciones:

- bastidor de tablero aglomerado o madera maciza no necesariamente ignifugados.
  - cantos ignifugados con barniz, pasta o cintas intumescentes (de marcas reconocidas y homologadas).
  - herrajes y protección de la cerradura, al igual que las puertas planas.
  - plafones empotrados en el bastidor o bien superpuestos pero protegiendo la unión con pintura, barniz o pasta ignifugos.
  - cercos de madera maciza resistente de grueso aceptable y bien anclados al muro. Las juntas con la pared también deben reforzarse, utilizando un sellante de material elástico corta-fuegos que evite el paso de las llamas.
  - holgura entre cerco y hoja adecuado (igual que en puertas planas)
  - Sobreponer en vez de embutir la cerra-
- proteger la cerradura con polvo o pasta ignífuga.
- utilizar largueros y testeros de madera más resistente y con el máximo grueso posible (es suficiente con 30 ó 35 mm)
- que el cerco de madera tenga más puntos de anclaje al muro, tantos más cuanto el ancho y la resistencia de la madera sea mayor.
- Para pasar a una hora hay que mejorar el bastidor, el alma y el marco y para 120 minutos hay que acudir a diseños especiales.

dura. En el caso de que se embuta, que sea lo más pequeña posible y convenientemente aislada.

- emplear elementos metálicos cuando se quiera mejorar la capacidad para-llamas pero teniendo en cuenta que disminuyen su capacidad corta-fuegos.
- emplear superficies lisas preferentemente a las que tengan relieve. Las puertas estratificadas tienen buen comportamiento si la cola es resistente (no valen las de contacto ni las vinílicas pero sí las termoendurecibles, las de urea-formol y las de resorcinol-formol; siendo estas últimas las más recomendables).

### **Primeras puertas resistentes al fuego en Europa**

Las primeras puertas corta-fuego homologadas fueron alemanas. En la feria de la Madera de Colonia de 1965 se presentaron las puertas Westag, protegidas con patente internacional. Su construcción se ajustaba a la norma DIN 4102. Se componían de un núcleo de gruesa capa de corcho tratado de 45 mm, que no absorbía la humedad, era estéril y con buenas condiciones aislantes.

En la década de 1970 en Inglaterra se había extendido para hospitales, fábricas, cuartos de calderas, etc. un diseño resistente 30 minutos con bastidor de frondosas y alma similar al de las puertas planas: un relleno de paja comprimida con bloques de ajuste a ambos lados.

Las caras, de tablero contrachapado de 6 mm estaban recubiertas con chapa metálica.

Otro diseño, resistente 60 minutos, tenía un alma de tablero de yeso cubierto con hojas de asbesto y tablero contrachapado. El grueso final era de 56 mm. Todo el conjunto se encolaba a la vez y se prensaba sin fijaciones metálicas.

La madera, con un contenido de humedad del 14%, estaba impregnada al 18% con una solución de fosfato monoamónico y agua. La holgura entre hoja y cerco era de 3 mm.

Otros diseños simples se basaban en la

introducción de paneles de fibrocemento o de yeso a modo de panel sandwich.

A mediados de los 70 en España la creciente preocupación por incendios recientes se vio reflejada en la participación de grandes multinacionales en el desarrollo de productos intumescentes. BASF Española, por ejemplo, desarrolló en esos años su producto Palusol, del que se habló extensamente en el apartado 'tiras y planchas ignífugas', que se incorporó a la construcción de las primeras puertas planas ignífugas españolas, IMSSA, Marga y Vilarrasa. Las placas de Palusol se componían esencialmente de silicato sódico y fibra de vidrio en forma de tela metálica soldada por puntos.

Otros productos impregnantes o cubrientes de la madera como los de la firma Ignitorr, S.A. reducían la emisión de gases combustibles al aplicar el calor, apenas se producía llama y disminuía por tanto el peligro de propagación del fuego. La firma Cromo por su parte presentaba pinturas intumescentes aplicables a pistola, lo mismo que Zeltia Agraria, Brugarolas, Maditec, Cross y Bufi i Planas, S.A.

### **Primeros diseños españoles en los años 70**

Después de diversos prototipos se llegaron a fabricar los primeros modelos españoles. Se basaban en una placa ignífuga que protege el cerco de madera de los efectos del calor, de modo que prácticamente no se deformaban ni siquiera cuando las llamas actuaban sobre el lado de los pernios. En las esquinas se colocaban unos ángulos macizos de 40 x 40 mm de Palusol. Las capas continuas incombustibles aseguraban contra un fallo en el funcionamiento. En el borde, la placa ignífuga se combina con una hoja de aluminio, material de buena conductividad térmica. Con ello se logra en caso de incendio la formación de espuma de silicato sódico al momento en toda la superficie y el cierre de la holgura entre hoja y cerco, impidiendo así el paso

del fuego y en gran medida, del humo. El canteado exterior, de madera dura, protege mecánicamente a la tira ignífuga. La penetración del humo en la fase inicial de un incendio es impedido por un perfil de goma colocado en el renvalso (galce) del cerco, antes de que actúe el borde ignífugo.

### **Diseños españoles en los años 80**

Por su trascendencia civil y de seguridad, la Administración se vio forzada a publicar la Norma Básica de la Edificación CPI 81, de obligado cumplimiento, que marcaba la resistencia de los elementos constructivos. En el caso de las puertas se fijaban resistencias de 30, 60 y 90 minutos dependiendo del sector, volumen del edificio y destino. Aún antes de haber salido esta norma básica, la demanda de puertas ignífugas en España era ya bastante grande y, prueba de ello, es que varios fabricantes de puertas metálicas, tras varios intentos, habían conseguido homologar puertas cortafuegos, sacándolas al mercado a precios increíblemente altos, pero con bastante aceptación.

En esos mismos años AITIM preparaba su propio Sello de Calidad basado en la norma UNE 23 093.

Debido a los altos costes de los ensayos, un grupo de empresas de la asociación nacional de fabricantes de puertas decidió desarrollar diversos prototipos a través de un proyecto de investigación realizado con el INIA para poder poner en el mercado algunos modelos. Se trataba de las empresas Norma, Jher, Imag y I.M. Sabaté.

Estas empresas se comprometían a fabricar sólo los modelos aprobados. Se comenzó con 3 puertas resistentes a 30' y

dos a 60'. En esencia todos los modelos estaban formados por los siguientes elementos:

- cerco con precerco de madera maciza y cerco de tablero aglomerado revestido de chapa. Tapajuntas y batiente de tablero aglomerado revestido de chapa.
- hoja formada por un alma de tablero aglomerado, bastidor de madera maciza unida por encolado al tablero aglomerado del alma y paramentos de tablero de fibras de 3,2 mm de espesor, encolados al alma y al bastidor con cola de resorcina. Los cantos se protegen con una chapa de producto intumescente.
- bisagras de acero

Las puertas resistentes 60' tienen en el centro de la hoja una chapa de producto intumescente o un tablero de madera-cemento.

En 1982 se certificó una primera PRF 30' ensayada en el laboratorio del INIA. Se creaba con esa fecha el sello de calidad AITIM.

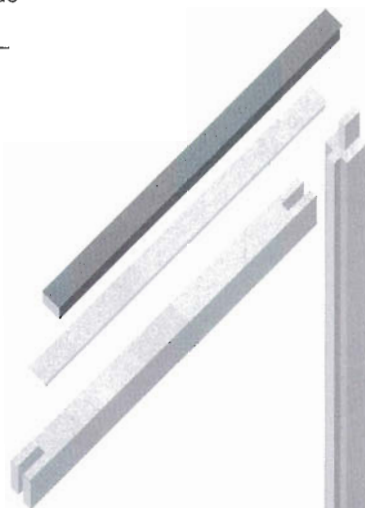
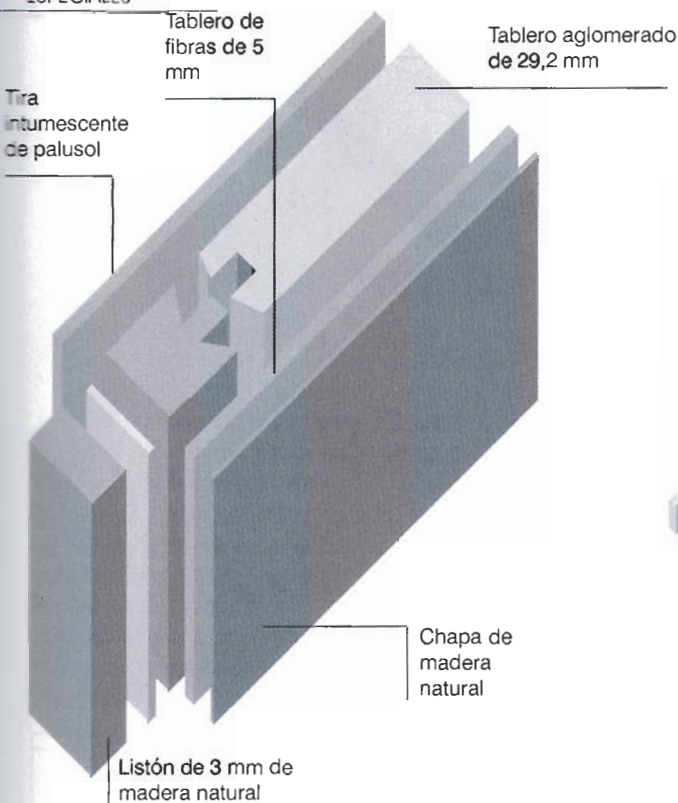
En 1984 se certificó la primera puerta PRF 90'.

Ese mismo año se certificó la primera puerta vidriera RF 30'.

En el Comité de 27 de junio de 1991 se certificó la primera puerta blindada resistente al fuego.

A partir de este momento se comienzan a certificar diversos modelos que fueron evolucionando y perfeccionando los diseños. Se describen a continuación varios ejemplos, algunos caducados, pero que pueden servir de orientación para de diseñar prototipos, como paso previo antes de su ensayo en el horno, condición *sine qua non* para conocer su resistencia al fuego.





### Ejemplo 1 T-30

**Cercó:** de pino, revestido de tablero aglomerado ignífugo (cola urea-formol) revestido de chapa. Dispone de tapajuntas y batiente de tablero aglomerado ignífugo, encolados con cola de resorcina.

**Hoja:** dimensiones 2030 x 825 x 40 mm.

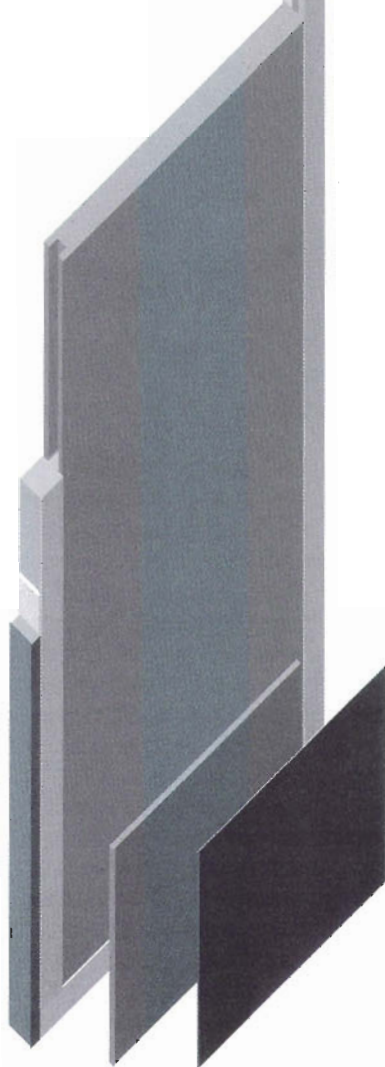
**Bastidor:** largueros y travesaños de pino, de 29,2 mm de grueso machihembrados y encolados al tablero aglomerado con cola de acetato de polivinilo.

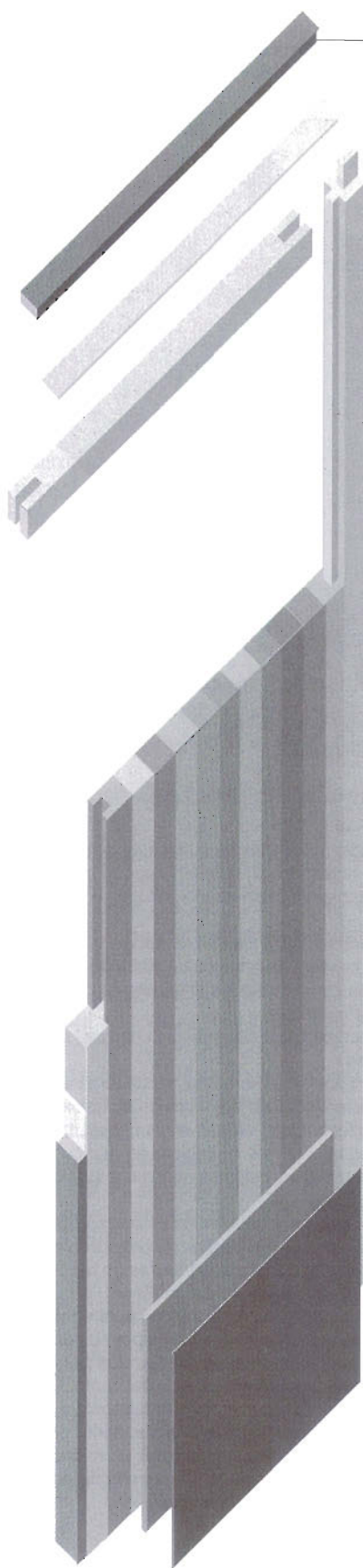
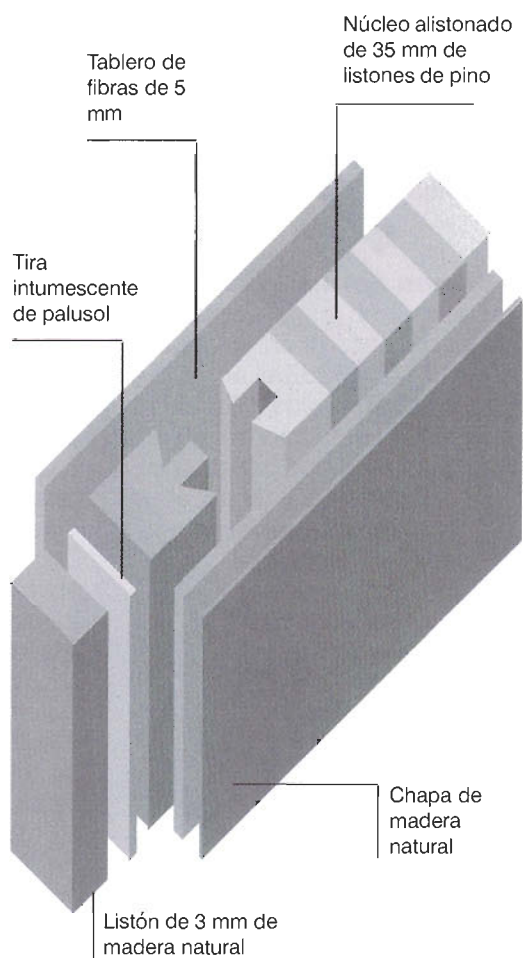
**Alma:** maciza de tablero de partículas normal, sin ignifugar, de 29,2 mm de grueso.

**Paramentos:** sobre el tablero, y a modo de paramentos, se colocan sendos tableros de fibras, de 5 mm de espesor, rechapados por su cara vista con maderas nobles, varias o finas. Los tableros de fibra están encolados al núcleo de tablero de partículas con cola de resorcina y las chapas vistas se encolan a los tableros de fibra con cola de urea-formol.

**Cantos:** los largueros y travesaños están protegidos con cuatro cantos intumescentes (Palusol) en la parte interior y recubiertos estos por otros cuatro cantos exteriores de madera noble y pegados con cola de acetato de polivinilo.

**Herrajes:** dos bisagras, colocadas con cuatro tornillos directamente atornillados en el marco y en el canto por su cara de cierre y sin proteger específicamente, pero amparados por el cierre que en su momento pueda efectuar el Palusol del canto. La puerta dispone de un tirador normal, atornillado normalmente y sin protección ninguna. Se ha dispuesto en la arista superior de la hoja de cierre un aparato de cierre hidráulico normal, atornillado a la hoja y al marco, sin protección ninguna. Dispone también de dos cerrojos normales, atornillados normalmente.





(Convenio de fabricantes PRF/30/1, 1983)

### Ejemplo 2 T 30

**Cerco:** de pino, revestido de tablero aglomerado ignífugo (cola urea-formol) revestido de chapa. Dispone de tapajuntas y batiente de tablero aglomerado ignífugo, encolados con cola de resorcina.

**Hoja:** dimensiones 2030 x 825 x 40 mm.

**Bastidor:** no existe

**Alma:** es un núcleo alistonado de 35 mm. de espesor con listones de pino, unidos unos a otros lateralmente y de forma contigua e inseparable con cola de acetato de polivinilo

**Paramentos:** de tablero de fibra de 3,2 mm y el interior, rechapado con contramalla de 0,2 mm con cola de urea. La contramalla se une al núcleo alistonado con cola de resorcina.

**Cantos:** el alma lleva cuatro cantos de tira intumescente (Palusol), ocultos por listones de 3 mm. (Convenio de fabricantes PRF 30/3, 1983)

Madera de pino  
de 38 x 32 mm de  
grueso

Tableros de fibras duros de 3,2 mm

Tablero aglomerado estandar de 32 mm

Chapa de  
madera  
natural

Tiras  
intumescentes  
de Palusol  
de 10 x 2  
mm

### Ejemplo 3 T 30. Puerta ranurada

**Cerco:** premarco de madera de pino de 140 x 40 mm. Cerco de tablero aglomerado rechapado en madera de 30 mm, con rebaja de 20 mm en el galce. Tapajuntas de tablero aglomerado rechapado de 70 x 15 mm.

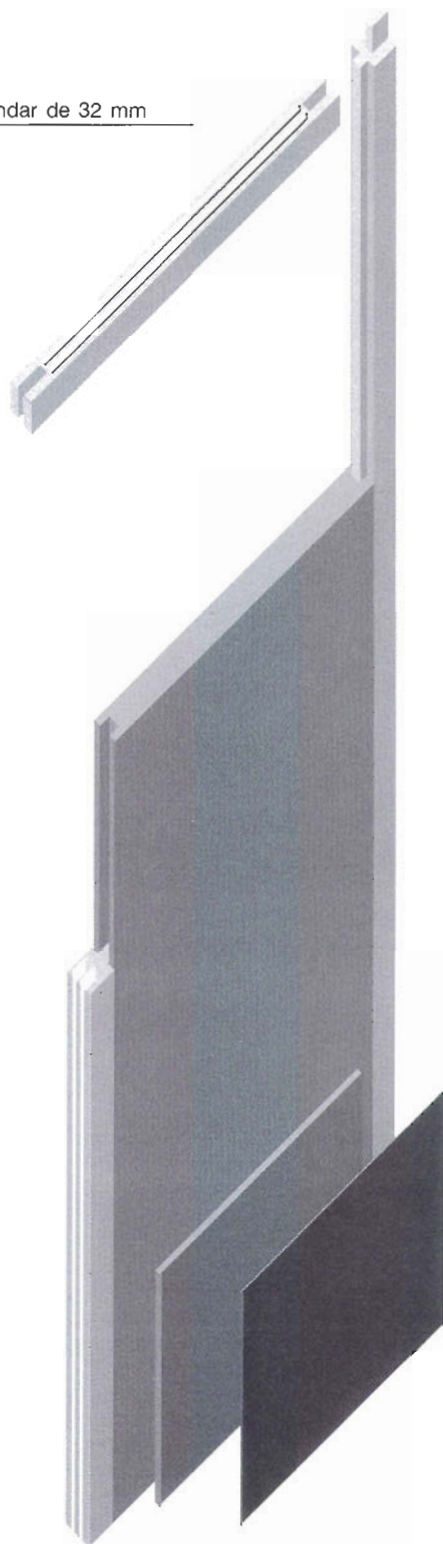
**Hoja:** dimensiones 2030 x 825 x 40 mm.

**Bastidor:** formado por dos largueros y dos testeros de madera de pino de 38 mm de ancho por 32 mm de grueso. Perimetralmente lleva embutido lleva dos tiras de 10 x 2 mm de un producto intumescente (Interdens TYP - 36).

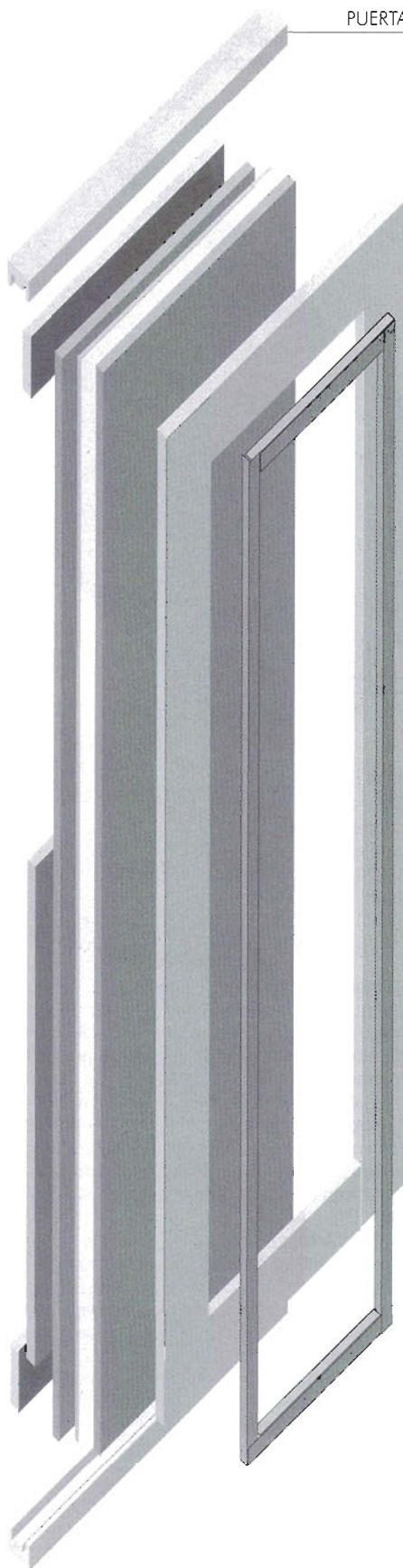
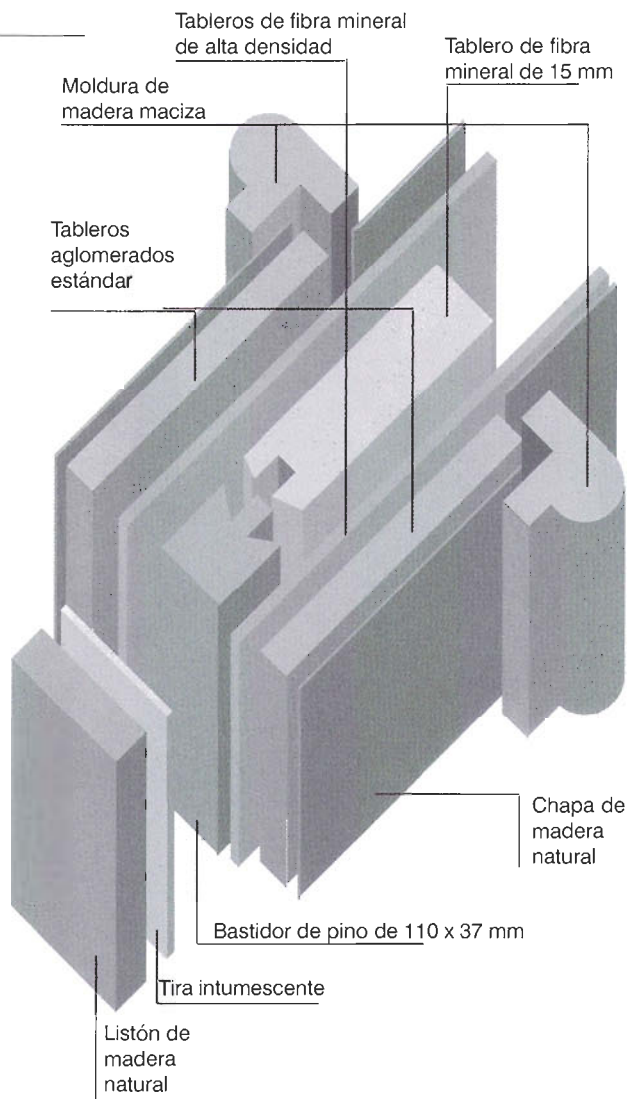
**Alma:** tablero aglomerado estándar de 32 mm de grueso encolado al bastidor con colas de acetato de polivinilo.

**Paramentos:** tablero de fibras duro de 3,2 mm de espesor rechapado por la cara exterior con chapa de madera (varias especies) encolado al alma y bastidor con colas de resorcina. La chapa de madera fina va encolada al tablero de fibras con colas de urea-formaldehído.

**Herrajes:** 4 pernios de acero inoxidable. Por la cara no expuesta lleva un muelle hidráulico y un cerrojo superpuesto en la cara. Calificación: PRF 30'. (Convenio de fabricantes PRF-30/4, 1989).







#### Ejemplo 4 PRF 30

**Cerco:** de madera maciza de 90 x 75 mm. En el galce del cerco lleva embutida una tira de Palusol de 10 x 4 mm.

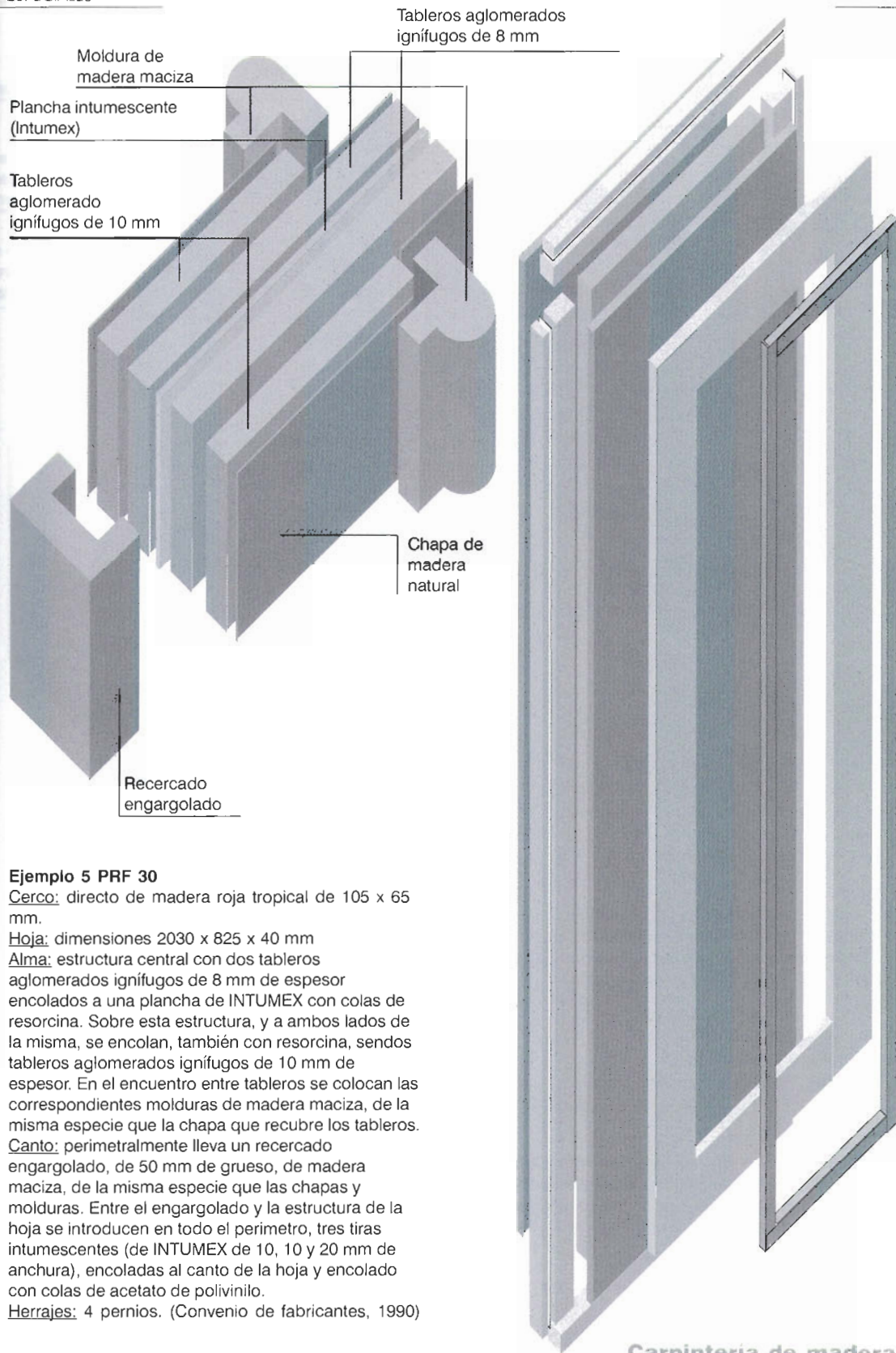
**Hoja:** dimensiones 2030 x 825 x 40 mm.

**Bastidor:** de madera de pino de 110 x 37 mm, formado por dos largueros, dos testeros y un travesaño intermedio.

**Alma:** tablero de fibra mineral de 15 mm de espesor, cajeado en el bastidor. Papel alveolar a ambos lados del tablero de fibra mineral.

**Paramentos:** tableros moldurados de alta densidad.

**Herrajes:** tres bisagras de hierro latonado de 100 x 40 mm. Muelle hidráulico. Un cerrojo standar. (Convenio de fabricantes PRF-30/5, 1989)



### Ejemplo 5 PRF 30

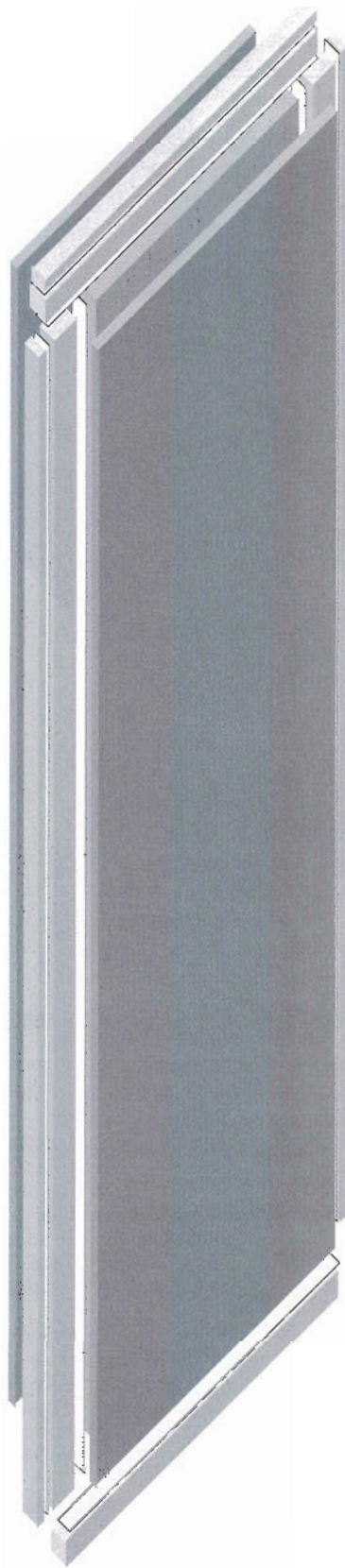
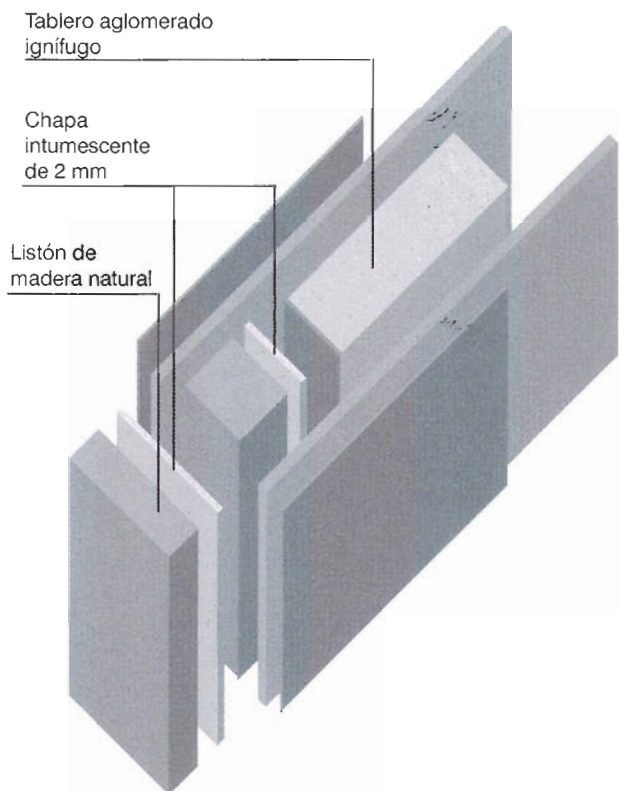
**Cerco:** directo de madera roja tropical de 105 x 65 mm.

**Hoja:** dimensiones 2030 x 825 x 40 mm

**Alma:** estructura central con dos tableros aglomerados ignifugos de 8 mm de espesor encolados a una plancha de INTUMEX con colas de resorcina. Sobre esta estructura, y a ambos lados de la misma, se encolan, también con resorcina, sendos tableros aglomerados ignifugos de 10 mm de espesor. En el encuentro entre tableros se colocan las correspondientes molduras de madera maciza, de la misma especie que la chapa que recubre los tableros.

**Canto:** perimetralmente lleva un cercado engargolado, de 50 mm de grueso, de madera maciza, de la misma especie que las chapas y molduras. Entre el engargolado y la estructura de la hoja se introducen en todo el perímetro, tres tiras intumescentes (de INTUMEX de 10, 10 y 20 mm de anchura), encoladas al canto de la hoja y encolado con colas de acetato de polivinilo.

**Herrajes:** 4 pernios. (Convenio de fabricantes, 1990)



### Ejemplo PRF 60-1

**Cerco:** precerco de pino. Cerco de tablero aglomerado ignífugo revestido de chapa. Tapajuntas y batientes: tablero aglomerado ignífugo revestido de chapa.

**Hoja:** dimensiones 2030 x 825 x 40 mm.

**Bastidor:** de madera de pino encolado a tope al tablero aglomerado con cola de acetato de polivinilo.

**Alma:** tablero aglomerado ignífugo. En la junta entre el tablero aglomerado y el bastidor se coloca una tira central intumescente (Palusol de 2 mm de espesor), encolado al tablero aglomerado con cola de resorcina.

**Paramentos:** tableros de fibras de 3,2 mm.

Los cantos van recubiertos con chapa intumescente (Palusol) oculta por listón de 3 mm.

**Herrajes:** tres bisagras de acero Marca Iglesia, colocados con 6 tornillos, directamente atornillados en el marco y en el canto de la hoja y sin proteger específicamente. Un tirador normal sin protección alguna. Un cierre hidráulico normal, en la arista superior, atornillado sin protección alguna a la hoja y al marco. Dos cerrojos normales sin protección alguna. (Convenio de fabricantes PRF-60/1, 1989)



Chapa intumescente de 2 mm

Chapa  
intumescente  
de 2 mmListón de  
madera  
natural

Tablero de fibrocemento

**Ejemplo PRF 90-1**

**Cerco:** precerco de madera maciza, protegido de una chapa de Palusol. Cerco de tablero de fibrocemento y tablero de partículas ignífugo rechapado. Tapajuntas y batiente de tablero aglomerado ignífugo rechapado y protegido por una chapa de palusol.

**Hoja:** dimensiones 2030 x 825 x 40 mm

**Bastidor:** de madera maciza, encolado a tope al alma.

**Alma:** maciza de tablero de fibrocemento de 10 mm, al que va encolado, en ambas caras un tablero de partículas ignífugo de 11,5 mm.

**Paramentos:** tablero de fibras duro de 3,2 mm, protegidos en su cara interior por una chapa intumescente (Palusol) de 2 mm de espesor.

**Cantos:** recubiertos de tira intumescente de 2 mm, oculta por madera maciza.

**Herrajes:** 4 bisagras de acero, Marca Iglesia, colocadas con 6 tornillos, directamente atornillados en el marco y en el canto de la hoja, protegidos con chapa de Palusol. Un tirador normal sin ninguna protección. Un cierre hidráulico normal en la arista superior, atornillado a la hoja y al marco, sin ninguna protección. (Convenio de fabricantes T-90/1, 1989)



# Puertas de seguridad

Son aquellas que incorporan determinados sistemas de refuerzos con el fin de resultar menos vulnerables a los ataques de intrusos, bien retrasando el tiempo o bien provocando la necesidad de dispositivos más sofisticados para violentarlas.

En el mercado se encuentran puertas de este tipo con distintas denominaciones. Estas denominaciones en su mayoría no obedecen a criterios objetivos sino comerciales.

Sus condiciones de exposición son a ambientes diferentes por cada cara, aunque nunca bajo la incidencia directa del sol ni de la lluvia.

Existen dos grandes grupos de puertas de seguridad: las puertas blindadas y las puertas acorazadas.

## **Puertas blindadas**

En una puerta blindada se pueden distinguir los siguientes elementos:

### **Cerco directo**

De madera maciza, cuyo grueso es compatible con los espesores del tabique pero con escuadrías en torno a 70 x 70 cm fijado con patillas metálicas.

### **Pletinas metálicas especiales**

Una fijada con patillas o zunchos al muro y a la cara del cerco (plano o con forma de U) y otra perforada, de la anchura del galce del cerco, colocada a la altura de los resbalones de la cerradura. Esta pletina refuerza la madera del cerco ante aplastamientos de las cajas de los resbalones cuando se intenta forzar perpendicularmente el plano de la puerta, dificultando el apalancamiento con destornilladores o barras de pata de cabra. La pletina puede sustituirse por un angular.

### **Hoja**

Se forman con un bastidor de madera maciza que recerca un alma llena de tablero de partículas o alistonado con rebajes donde apoyan dos chapas metálicas superpuestas en torno a 1 mm de espesor recubiertos por dos paramentos (de tablero contrachapado, de partículas, de fibras de densidad media o de fibras duro delgadas) finalmente recubiertos con una chapa de madera natural decorativa.

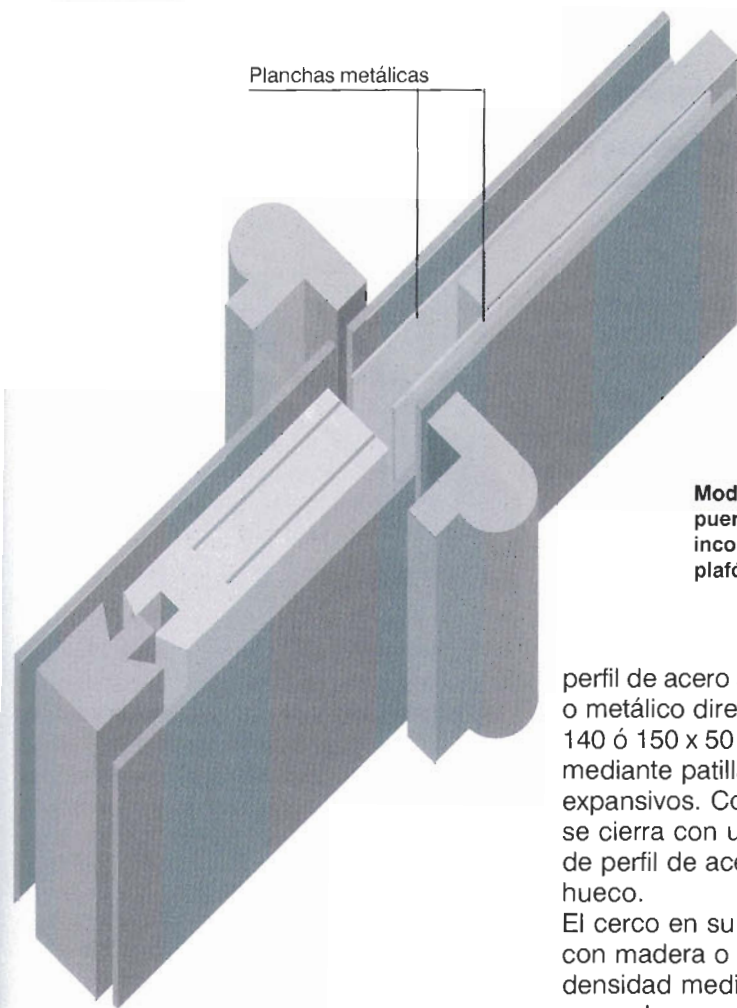
La separación entre las dos chapas metálicas y la penetración debe ser tal, que permita mecanizar los cantos de las hojas para colocar los herrajes.

La unión entre el bastidor perimetral de madera y el alma es por encolado a tope. La anchura del bastidor debe ser tal, que al menos las chapas metálicas monten, en todo su perímetro, 10 mm para evitar que el larguero gire al aplicar fuerzas perpendiculares al plano de la hoja.

### **Herrajes**

Deben cumplir las siguientes recomendaciones:

- las bisagras deben ser antipalanca con tetones en las palas. Puede ser corrida de 3 ó 5 elementos.
- las fallebas deben tener al menos tres puntos de anclaje que penetren sobre el larguero del cerco aunque ya son bastante habituales los de cinco puntos de anclaje: tres sobre el larguero más uno en el testero del cerco y otro en el suelo.
- la cerradura es de canto con entrada del cerrojo en torno a 2,5 cm. Todos los puntos ceden apalancando el punto central.
- los escudos de los bombillos de la cerradura deben quedar enrasados con la cara exterior de la hoja. Si esto no fuera posible, deberían girar libremente sin transmitir ningún tipo de esfuerzo al bombillo, o tener doble bombillo. Existen bombillos de seguridad con refuerzo antitaladro y antiganzúa con control de reproducibilidad de llaves. Según datos de



**Modelo de máxima sencillez en puerta blindada. Simplemente se incorporan dos planchas metálicas al plafón y bastidor**

perfil de acero sobre precerco de madera o metálico directo con sección 70, 120, 140 ó 150 x 50 mm. La fijación al muro es mediante patillas o tornillos de tacos expansivos. Como novedad el precerco se cierra con un travesero inferior también de perfil de acero que da más rigidez al hueco.

El cerco en su parte vista va recubierto con madera o tableros de fibras de densidad media rechapados para no dar nunca la cara metálica.

la policía, más del 75 % de los robos se producen atacando al bombillo de la cerradura.

- algunos modelos del mercado tienen doble cerradura, una lateral y otra central que cierra en cabecero, suelo y cantos izquierdo y derecho con bulones de acero en aspa que penetran 5 cm.

### **Puertas acorazadas**

Son puertas más complejas que las blindadas. En realidad son de estructura metálica revestidas con tablero y chapa de madera en los paramentos.

### **Cerco**

En lugar de ser de madera suele ser un

### **Hoja**

Bastidor tubular de acero.

Almas con distintas variantes:

- Entramado de perfiles tubulares con travesaños
- Plancha de perfil grecado o plana de unos 1,5 mm, unidas mediante puntos de soldadura. A veces la chapa va plegada, ofreciendo 3 mm por cada cara
- Perfiles en forma de omega de unos 0,8 mm, atornillados en sus alas

En los tres casos está soldada a sendas planchas de acero de 0,8 mm y recubiertas por tablero de madera de unos 6,5 mm con chapa decorativa. Todo ello recercado con un perfil metálico en C. El travesaño inferior, por su función de ajuste en obra es, de madera.



### Herrajes de colgar

Las bisagras son reforzadas con pitones en una pala y sus correspondientes cajeados de ajuste en la otra.

### Herrajes de cierre

La cerradura suele ser de embutir en el canto con varios puntos de cierre (tres, cinco o siete) sobre soporte especial que pueden ser regulables y protegidos por pivotes antipalanca y anti-sierra de acero carboniturado.

Los puntos de cierre están formados por bulones simples o de tres puntos al frente con refuerzo especial. Los puntos de cierre también pueden ser tipo falleba en los extremos superior e inferior para mejorar la conexión al cerco.

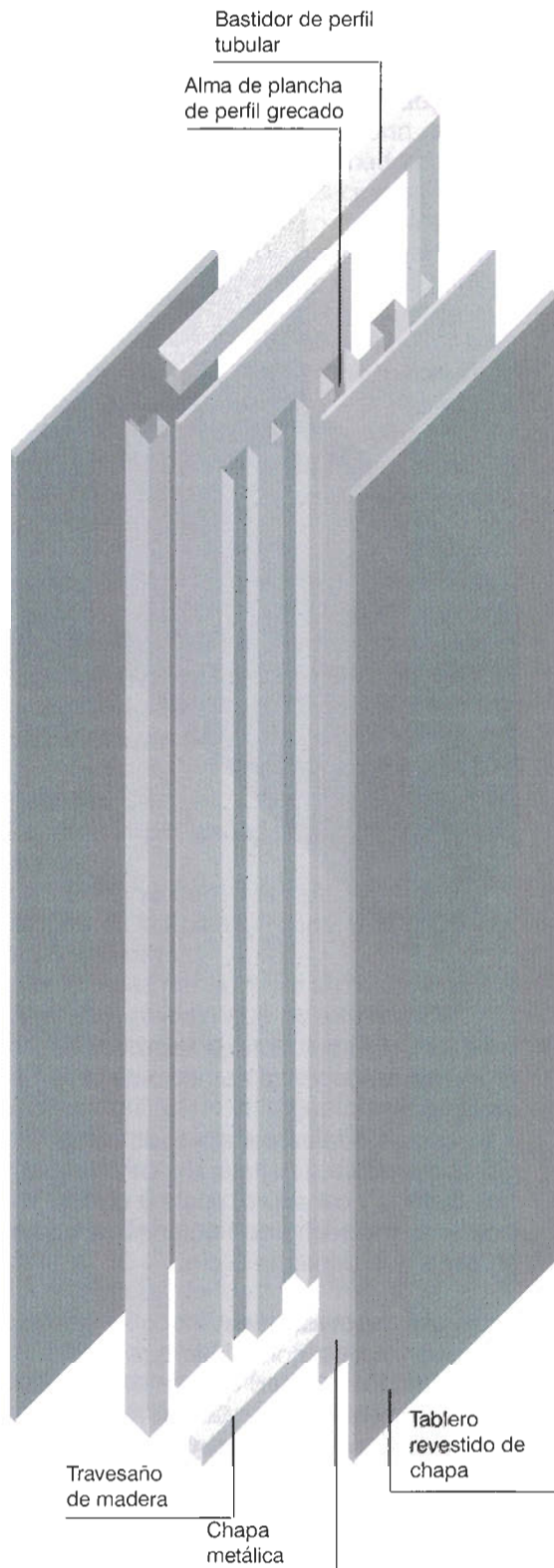
La cerradura debe ser de seguridad (de cilindro o de borlas) con escudo protector antitaladro y antiganzúa.

Los cilindros o bombillos son un poco mayores y están en torno a los 18 mm de diámetro.

La cerradura de cilindro (la más corriente) tiene una llave más pequeña con una combinación de dos filas de muescas que hacen muy difícil su apertura con ganzúa. Sin embargo no están bien protegidas con el escudo y puede extraerse con cierta facilidad el cilindro.

La cerradura de borlas tiene una llave mayor, son más sólidas pero no tan resistentes a las ganzúas. Están más íntimamente unidas a la puerta y resisten mejor a los ataques mecánicos.

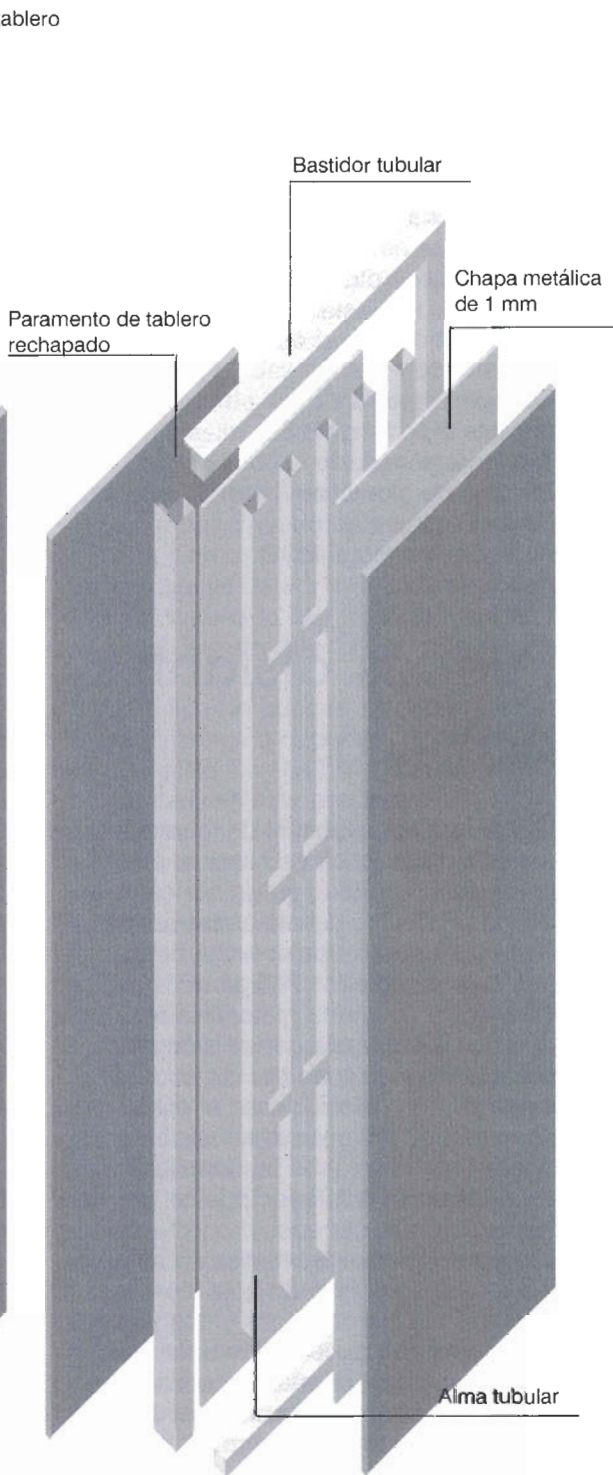
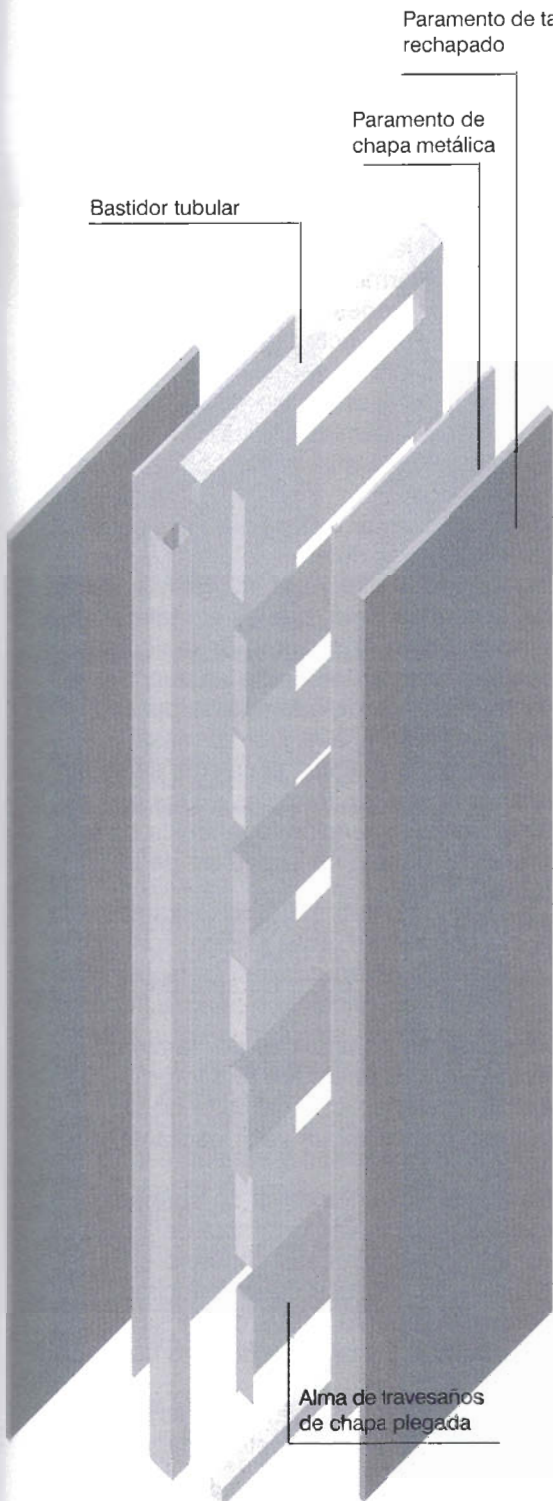
Algunos modelos del mercado tienen doble cerradura, una de canto y otra central que cierra en cabecero, suelo y cantos izquierdo y derecho con bulones de acero que penetran 5 cm, centrados pero asimétricos.



Puerta blindada. Tipo 1

**Puerta acorazada. Tipo 2**

**Puerta acorazada. Tipo 3**



## Puertas aislantes de radiaciones

### de baja longitud de onda (rayos X)

Se conciben para la protección de locales que producen rayos X. Se forman con una plancha de plomo a fin de atenuar las radiaciones.

El espesor de plomo debe calcularse en función de las instalaciones radiológicas. Un corte transversal de esta hoja sería la siguiente:

Revestimiento

Aislante (tipo Isogil P 33)

Tablero aglomerado

Blindaje de plomo de 2 mm en adelante

Tablero aglomerado

Aislante (tipo Isogil P 33)

Revestimiento

## Puertas aislantes acústicas

La manera más habitual de incrementar la atenuación acústica es hacer la puerta más pesada en todo su grosor cambiando los productos del alma por tablero alistonado u otro similar hasta conseguir pesos en torno a los 70 kg/ud.

Otra forma es añadir materiales resilientes que que dificulten la transmisión de vibraciones excitadas por las ondas sonoras. En cualquier caso el punto débil, en cuanto al aislamiento acústico de las puertas se refiere, son las rendijas, especialmente la inferior, puesto que rara vez el cerco es cerrado.

Los modelos más habituales en el mercado se distinguen por su hoja, compuesta con tableros de partículas y dos planchas intermedias de material resiliente y un canto perimetral de madera maciza de alta densidad más un burlate acústico en el galce. El cerco y los herrajes son convencionales.

El aislamiento acústico es uno de los requerimientos derivados de la mayor apreciación del confort. Es difícil determinar los umbrales mínimos a cumplir por ser un valor muy subjetivo: algunos establecen un índice de aislamiento acústico adecuado en 27 dB(A).

### Normas

El 7 de septiembre de 1981 se publicó en el BOE la Norma Básica de la Edificación sobre condiciones acústicas en los edificios CA-81, actualizada posteriormente a la NBE-CA-88 con la que la Administración dictaba una serie de medidas de obligado cumplimiento, en orden a garantizar unos mínimos de comodidad a los usuarios.

Mientras el aislamiento acústico de las ventanas viene determinado por la permeabilidad al aire y por las características del acristalamiento, que es el material que predomina en el conjunto de la ventana, el aislamiento al sonido de las puertas viene determinado además de por la permeabilidad al aire, por su masa, aunque en la práctica el cálculo se suele realizar aplicando fórmulas en las que el aislamiento es función logarítmica de la masa por unidad de superficie de la puerta.

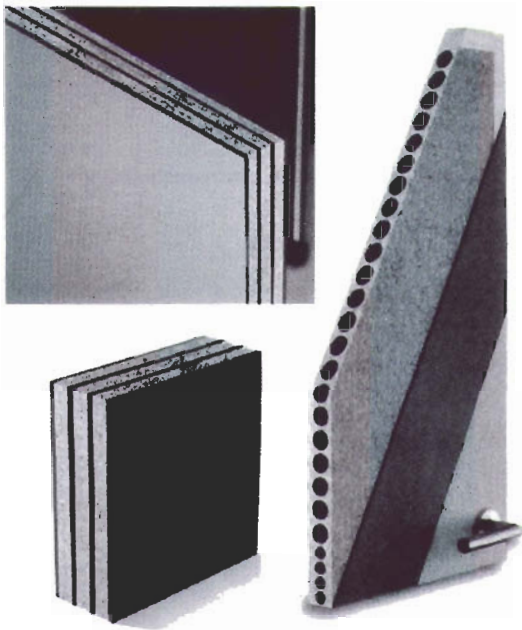
Así para puertas macizas la fórmula  $R=16,6 \log m-8$ , en dBA, aplicado a la madera, el valor obtenido será de 14 a 17 dBA.

Para puertas construidas por láminas, la fórmula a aplicar es:  $R=16,6 \log m + 2$ , en dBA, que, aplicado al caso de las puertas planas da un valor oscilante entre 10 y 15 dBA.

En ambas ecuaciones se ha supuesto que las puertas van provistas de juntas de estanqueidad. En caso contrario el aislamiento acústico debe reducirse aproximadamente 5 dBA, de ahí su gran importancia. De ellas se habla a continuación.

Para mejorar las prestaciones se acudirá a diseños especiales, determinando el valor mediante ensayo.





#### Secciones de puertas acústicas en el mercado.

Las de la izquierda están formadas por tableros de fibras de densidad media y pesan 70 kg/Ud. La de la derecha tiene un alma de tablero con extrusión tubular recubierta con tablero de fibras de alta densidad de 3 mm y revestimiento. Pesa 40 kg. (tiene un rendimiento de 32 dBA)

Existen en Francia algunos modelos homologados por ensayos realizados en el laboratorio del CTBA debido a que allí existe legislación desde 1969, que fijan un valor acústico máximo de 35 dB(A) entre las habitaciones principales. El nivel de presión acústica máxima permitida es de 38 dB(A) en las piezas húmedas. Para esas habitaciones el nivel de ambiente exterior equivalente es de 85 dB(A), siendo las puertas y muros capaces de amortiguar la diferencia de niveles. La norma NF P 23-304 fija un índice de aislamiento global de 25 dB(A). Esta exigencia es equivalente a las del decreto de 1971 relativas a la obtención del confort acústico.

#### Puertas aislantes

Aunque la Norma Básica sobre condiciones acústicas en los edificios CA-88 no

establece ninguna exigencia para las puertas puede imponerse por parte del constructor ante una circunstancia especial: compartimentaciones, bibliotecas, conservatorios, auditorios, hospitales, etc. Las puertas de madera, debido a su ligereza, son muy poco aislantes, lo que no es conveniente en la mayoría de los casos: su aislamiento acústico varía entre 14 y 17 dBA. Si se requirieran valores superiores se debe recurrir a modelos especiales en los que se busquen las siguientes propiedades: gran estanquidad, rigidez de la estructura y masa elevada de los paramentos junto a una gran elasticidad del alma. Un ejemplo típico de este tipo de puertas sería:

- cerco de madera maciza
- hoja con un alma de tablero aglomerado de 33,4 mm con paramentos del mismo material de 3,3 mm de espesor. Todo ello canteado con madera maciza con junta de estanqueidad de material elástico.

Con este tipo de puertas se puede obtener un aislamiento de hasta 30 dBA. Para mayores aislamientos hay que recurrir a otros materiales más pesados en el paramento (chapa metálica) e interior de fibra mineral u otro material elástico.

#### Puertas estancas

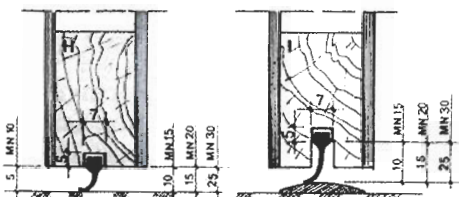
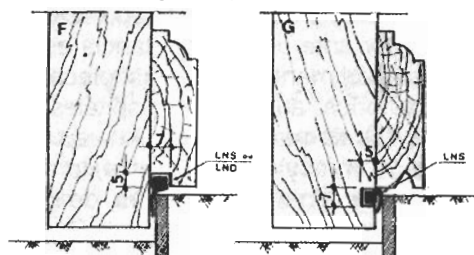
La mejora de la estanqueidad se obtiene básicamente mediante una serie de juntas elásticas.

Se componen de dos elementos:

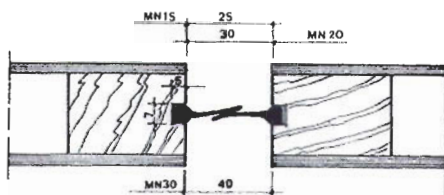
- un soporte inoxidable o galvanizado, que se encastra en la carpintería.
- un perfil elastómero, donde las formas se han estudiado para adaptarse a todo tipo de carpinterías. Son juntas intercambiables gracias al soporte.

La ranura debe tener un ancho de cerca de 7 mm y una profundidad de 5 mm. Se coloca en su sitio por embutido del metal en la madera; este embutido se realiza fácilmente con una llave especial que se introduce en el soporte; girándola poco a poco cada 20 cm, se deforman los lados del soporte que forma a este nivel, dos

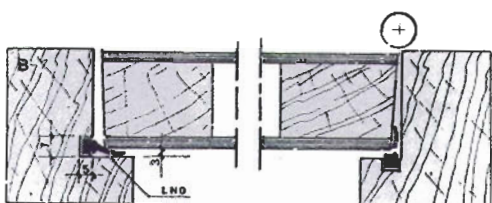
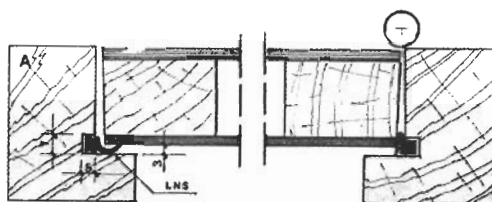
Bajos de puertas



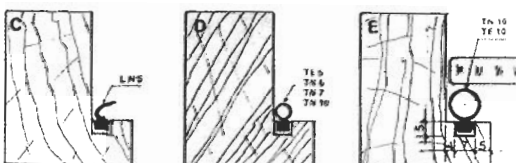
Puerta de doble acción



Sobre puerta exterior o interior



Sobre puerta vidriera



Juntas acústicas. Colocación

punzones de metal penetrando en la madera.

La junta se introduce en el soporte en el momento del acabado. Para facilitar esta introducción, el soporte se corta sobresaliendo de 3 a 5 cm.

### Unidad de hueco o bloque puerta

La conveniencia de este tipo de fabricación completa, fruto de la total normalización y producción con montaje total en fábrica comenzó en Europa, principalmente en Alemania, desde mediados de la década de 1960.

Aunque en esos años se fue generalizado en los países de nuestro entorno, en España había que enfrentarse a la colocación tradicional, al necesitar un prearco en el tabique, trastocando los hábitos constructivos del momento.

Entre sus ventajas, los fabricantes destacan tanto la instalación de los herrajes como la precisión de las caídas o alambres que tienen las hojas para facilitar su maniobrabilidad, el lado de apertura (o mano) así como los acabados definitivos realizados en taller mediante procesos automatizados, por lo que el grado de terminación y calidad es muy superior al acabado obtenido en obra. Los tiempos empleados para su colocación también se acortan considerablemente (de 15 a 20' por unidad), así como el número de operaciones necesarias (antes, el 90% del trabajo se realizaba en obra), siendo posible instalar las unidades de hueco cuando la obra está ya prácticamente terminada y las paredes pintadas. Un paso más hacia la prefabricación de la construcción.

# Instalación en obra

Los cercos de las puertas deben adaptarse a diversos grosores de tabiques que dependen del ladrillo o bloque y de su revestimiento.

## Tabiques

Las tendencias en la tabiquería están cambiando aceleradamente en los últimos años y se está yendo hacia sistemas en seco con plantas diáfanas y forjados planos sin resaltos de vigas. Incluso en la rehabilitación se tiende a conservar sólo las fachadas y a reconstruir todo lo de dentro con este tipo de tabiquerías. Todo esto favorece la colocación de huecos completos de carpintería (unidad de hueco o bloque) con replanteo en seco a base de plantillas de aluminio, ligeras y resistentes. Este sistema, aunque pensado para la colocación de precercos intermedios, en el futuro se prescindirá hasta de ellos, puesto que el simple hueco será suficiente para recibir un cerco directo fijado con tornillos u otro sistema desmontable.

Hasta ahora los instaladores y fabricantes debían tener muy en cuenta los grosores de los muros dentro de las propias obras y considerar incluso las variaciones regionales de los ladrillos.

Tabiques de cartón-yeso con un grosor de 76 mm pero que revestido por ambas caras se redondeaba en 80 mm.

Tabique sencillo de 70 mm (incluidos los dos yesos de revestimiento)

Tabique doble o tabicón de 11 cm (incluidos los dos yesos de revestimiento)

Los tabiques de cocinas y baños dan espesores muy variables. Por un lado aparecen los alicatados, que antes se recibían con mortero de cemento (con un grosor en torno a 1 cm) y ahora en



cambio tienden a pegarse adelgazando el tabique. En los baños es frecuente colocar mármol con un grosor en torno a 13 mm incluyendo mortero. Estaríamos hablando ya de medio pie (en torno a 14 cm) que ya se considera fábrica.

A esta cuádruple modulación deben adaptarse normalmente los cercos lo que se resuelve mediante embocaduras, dispositivos que permiten absorber los diferentes grosores de muros. Se trata de piezas que encajan a caja y espiga en el cerco por un lado y en el tapajuntas por otro, consiguiendo un forro completo del vano. En la colocación tradicional estas piezas se cortaban a medida. En la carpintería modulada se dispone de diferentes medidas de *embocaduras* para los diversos grosores de muros.

## Revestimientos de tabiques y muros

- **Revoco:** es un revestimiento continuo de acabado interior o exterior de mortero de cemento con grosor superior a 8 mm si es tendido y 7 mm si es proyectado. Si el mortero es de cal será tendido y con un grosor superior a 10 mm.

- **Guarnecido y enlucido de yeso:** es un



revestimiento continuo de interior que requiere un acabado de pintura o papel. Si es tendido tiene de 10 a 20 mm de grueso, va sobre ladrillo y hormigón y requiere acabado de papel fino o pintura. Si es guarnecido tiene de 10 a 15 mm de grueso, va sobre ladrillo y hormigón, requiere acabado de papel grueso, corcho o acabados plásticos. Si es enlucido tiene de 3 a 5 mm de grueso, se aplica sobre guarnecido o enfoscado y requiere pintura.

- **Enfoscado:** es un mortero de cemento, cal o mixto que se aplica sobre una superficie limpia y rugosa. En exterior tendrá unos 15 mm de grueso y en interior requiere un acabado posterior que suele ser: estuco y revoco de 10 a 12 mm y enlucido de 10 mm.

## Colocación tradicional

### húmeda con cerco directo

#### Puertas de interior

La práctica tradicional ha sido siempre fijar el cerco durante el propio proceso constructivo mediante empotramiento húmedo. Los largueros del cerco van provistos de prolongaciones inferiores, o quicios, con entrega de 5 cm en la solera y cogotes en el testero, que encajan en el muro o tabique. El cerco lleva además a todo lo largo, elementos de enlace con el tabique, normalmente patillas metálicas o clavos torcidos. Las patillas de anclaje, tienen una separación entre sí no mayor de 50 cm y de los extremos de los largueros, 20 cm.

El grueso total del cerco es el del tabique y su perfil en el encuentro con el muro tiene forma rebajada en el centro para encajar los ladrillos y para que los bordes enrasen con los recubrimientos del ladrillo (enfoscado y enlucidos).

La colocación comienza por una presentación provisional del cerco, sujeción

con un calce acuñado y ajuste posterior en su posición definitiva. A continuación se rellena con mortero, no permitiéndose el empleo de yeso sino mortero de cemento para evitar la oxidación de los anclajes metálicos salvo que se use acero protegido contra la corrosión.

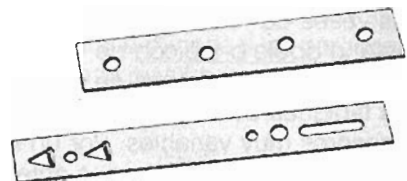
Con el fin de evitar cualquier desplazamiento accidental, empotramiento y relleno de mortero se realizan a medida que avanza la colocación.

El cerco debe llegar a obra en su posición vertical, aplomado, alineado y escuadrado por medio de riostras.

#### Puertas de exterior y entrada a piso

La carpintería se ajusta a haces interiores en una caja (mocheta) que previamente se ha dejado en la albañilería. El cerco lleva patillas para empotrar en huecos del muro que quedarán invisibles después del relleno de mortero de cemento y se rematan con un guarnecido de yeso.

Si no se quiere usar mocheta, se fija el cerco con sistema seco (tacos expansivos o clavijas) y el resto del telar se cubre con un forro de madera.



Patillas de anclaje



## Colocación actual

### en seco con precerco

El precerco, bastidor de tres lados que forma el vano, va íntimamente unido a la obra y en él se fija con posterioridad el cerco definitivo, que será de menor sección que si fuera un cerco directo. Esto permite colocar fácilmente y sin deterioro cerco y hoja o, si hiciera falta, una unidad completa de carpintería, favoreciendo la reposición de la puerta sin que afecte al tabique. Los precercos pueden ser de madera o metálicos teniendo normalmente una forma rectangular simple.

Los precercos suelen ser de madera de coníferas de baja calidad y se colocan, en húmedo con patillas metálicas, o en seco, con tornillos especiales, o clavados con pistola. Las fijaciones deben estar dispuestas a más de 2 cm de las aristas para que no se fende la madera.

Si el precerco no desempeña función resistente, ni en las puertas de interior ni

de exterior, los elementos de fijación deben traspasar cerco y precerco hasta anclarse en la obra.

Los precercos de acero son de perfiles tubulares o abiertos. Su espesor mínimo es de 1,5 mm y por colocarse en medio húmedo se deben proteger contra la corrosión (galvanización, etc.).

El precerco no debe tener desplomes verticales superiores a 3 mm.

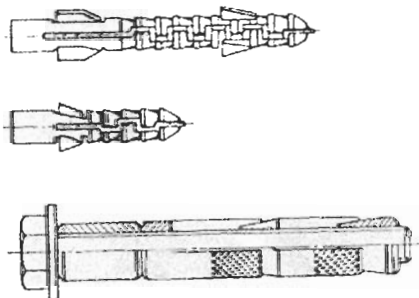
### Fijación del cerco al precerco

El ajuste entre precerco y cerco es con la ayuda de calces, cuñas o de cualquier otro sistema que absorba las deformaciones sufridas por el precerco.

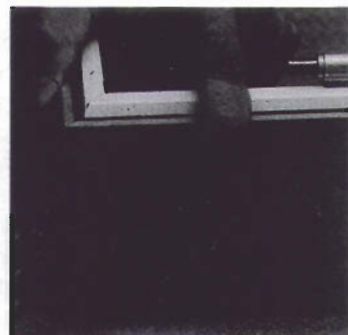
Las fijaciones del cerco al precerco se realizan por la cara o por el canto. En el primer caso, si se trata de coníferas -más blandas- se realiza mediante tirafondos o clavos largos inoxidables botados, cubriendo el hueco con tapas de madera. En el segundo caso lo más fácil es el grapado por la cara, aunque también se pueden usar clavos oblicuos, fijaciones que quedarán después ocultas por el tapajuntas.

En trabajos de mayor calidad se evitan las fijaciones desde las caras con clavos o tornillos, empleándose sistemas escamoteables como fijar el cerco al suelo con clavijas, con zapatas de madera, etc.

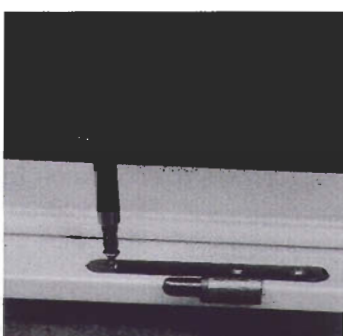
La junta entre cerco y precerco se debe sellar con productos sintéticos, y queda cubierta por el tapajuntas.



Tacos simples y expansivos de fijación



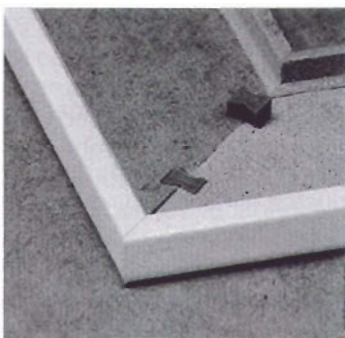
**Armado del cerco que viene en forma de kit con llaves de plástico**



**Colocación tradicional de pernios en el cerco**



**Cuelgue de la puerta y colocación de la manilla**







Acuñado



Fijación mediante atornillado



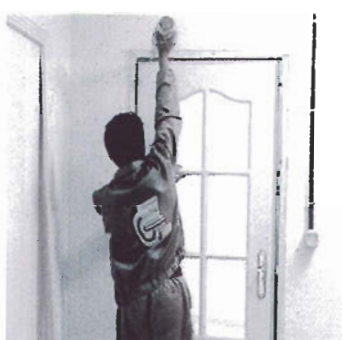
Eliminación del resto de cuñas



Sellado



Presentación tapajuntas



Fijación tapajuntas, sellado y grapado

Fotos cortesía M.C.M. Maderas

### Puertas de interior

Como las condiciones de seguridad no afectan a este tipo de puertas el cerco se clava o atornilla al precerco sin necesidad de que llegue al muro. El desplome entre ambos debe ser inferior a 6 mm y la holgura entre ellos, un máximo de 3 mm. Cerco y tabique terminado tienen el mismo ancho pero el precerco tendrá unos 2 mm menos para que el tapajuntas no se levante por el efecto cuña.

### Puertas de entrada a piso

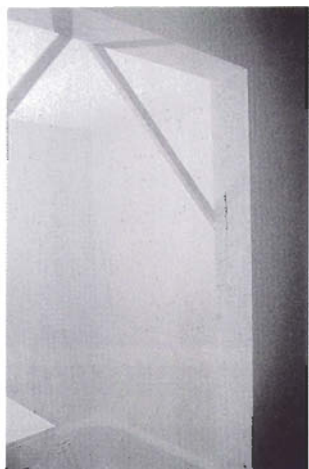
La seguridad prima sobre otras características por lo que la fijación debe traspasar el precerco y anclarse en obra. El desplome entre ambos elementos debe ser inferior a 6 mm y la holgura entre ellos, de 3 mm. Cerco y precerco tienen el mismo grueso pero el muro es mayor por lo que habrá de recurrir a mocheta o a forro de la jamba.

### Puertas de exterior

La seguridad y el aislamiento térmico la distinguen de los dos casos anteriores. Por lo demás se le exige lo mismo que a las puertas de entrada a piso. Se realiza mediante clavijas o tacos autotaladrados (se disponen a unos 6 cm de los vivos). La fijación temporal puede realizarse con grapado a pistola.

### Unidad de hueco de puerta (todas de interior)

El bloque-puerta sirve para cualquier tipo de tabique con colocación posterior a éste y en grado avanzado de acabado de la obra. Puede colocarse con el solado terminado o no, en cuyo caso se empotra ligeramente el precerco (no el cerco) en la solera. Como viene todo el conjunto montado de taller el sistema es válido tanto para tabiques tradicionales como



**Prearco con riostras de escuadrado**



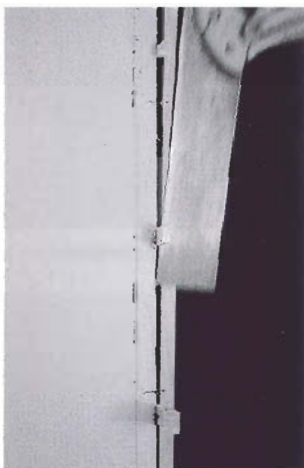
**Acuñado del cerco sobre el prearco**



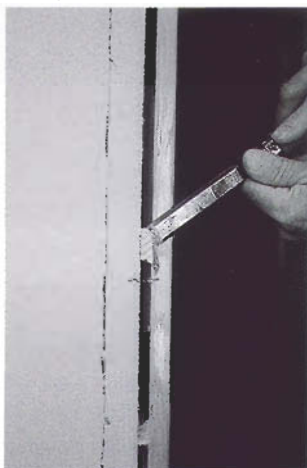
**Fijación lateral con grapas, del cerco al prearco**



**Fijación directa a través del cerco**



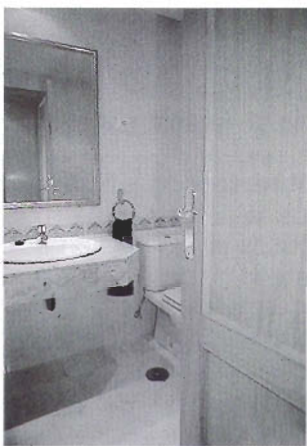
**Eliminación de cuñas**



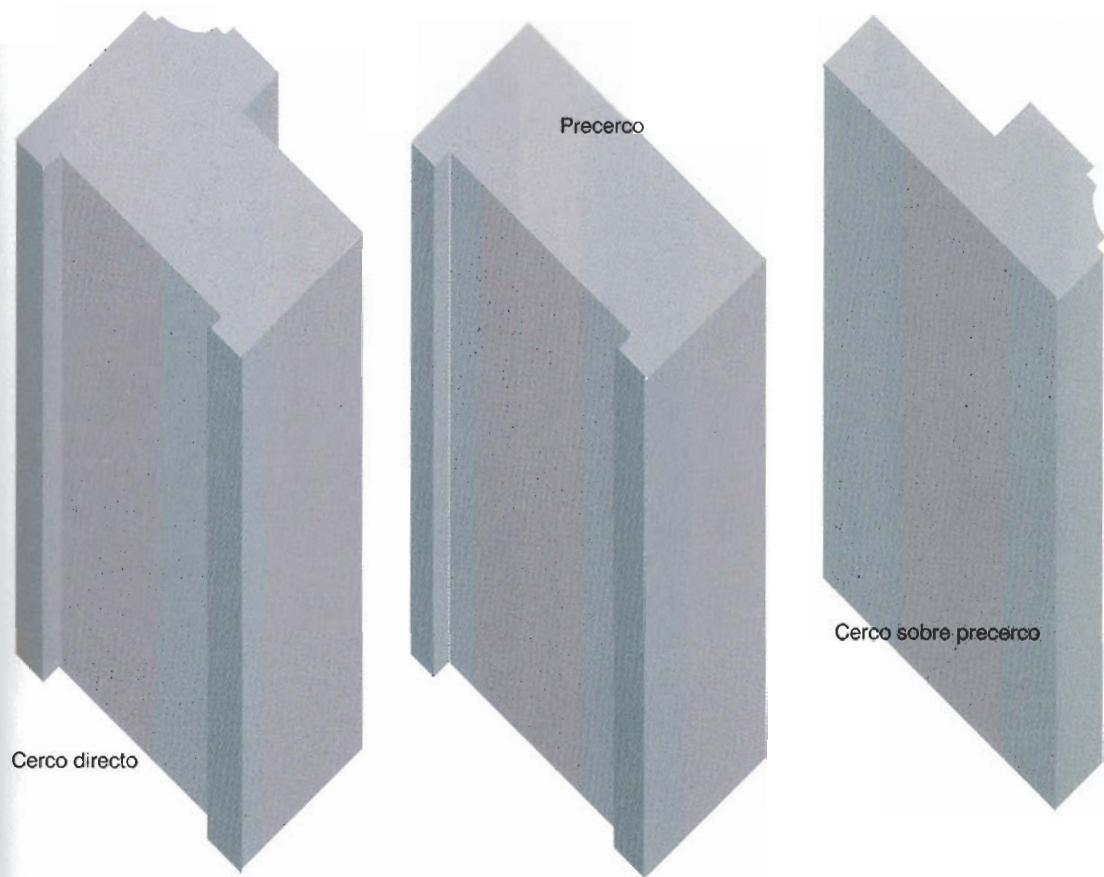
**Colgado de la puerta**



**Colocación de tapajuntas**



**Acabado**



paneles modulares o tabiques secos de cartón-yeso. La instalación tradicional suponía la llegada independiente de precerco, cerco, hoja, herrajes y tapajuntas con una serie de desventajas:

- el cerco lo colocaba un albañil sin especial cualificación
- la hoja llegaba a la obra sin herrajes y sin acabado superficial, trabajos que realizaba el carpintero instalador
- el carpintero debía repasar la hoja para ajustarla al cerco
- los cercos se deterioraban en obra
- por intervenir varios oficios no se delimitaban las responsabilidades ante posibles defectos finales

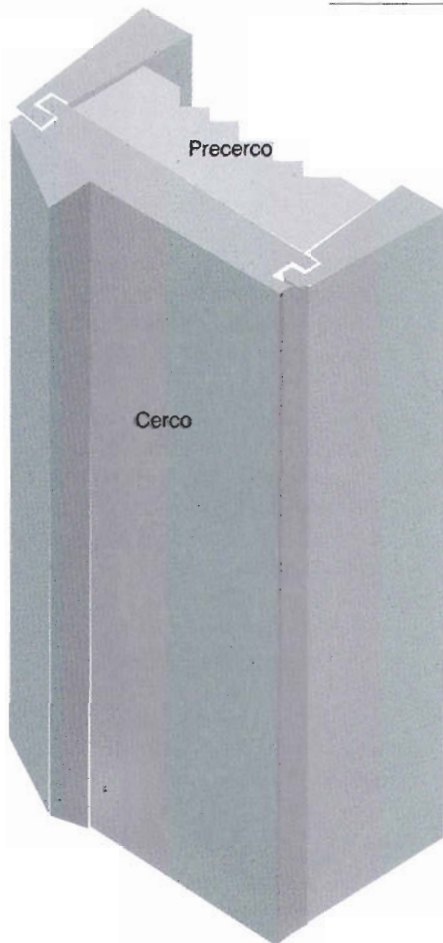
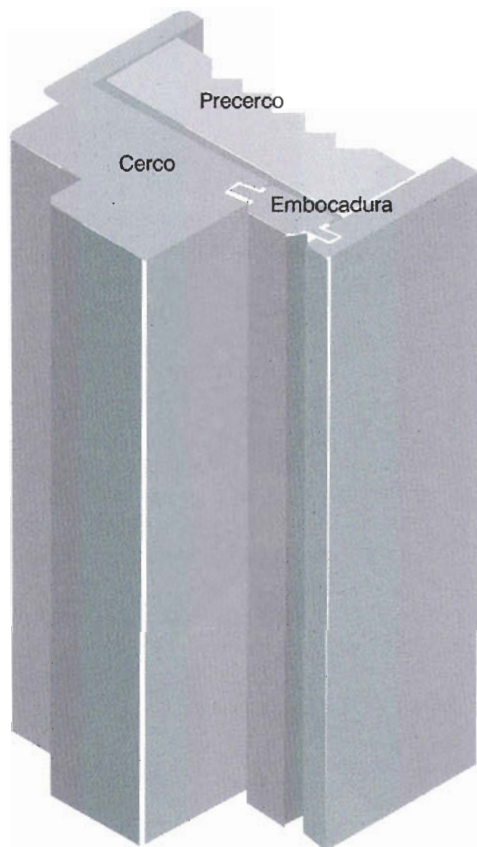
Estas desventajas se han eliminado bastante con el sistema de bloque-puerta o unidad de hueco de puerta donde el montador, con muy pocas herramientas,

es capaz de colocarla como lo haría cualquier persona a la que se le den unas instrucciones mínimamente adecuadas. El tiempo empleado suelen ser de 25-30 minutos por cada unidad de puerta y no se necesita improvisar ya que está todo normalizado.

El cerco se coloca, una vez enlucido el tabique, y se fija clavándolo o atornillándolo al precerco, o rellenando la holgura entre ambos con espumas de poliuretano<sup>1</sup>. Antes se ha realizado el ajuste y aplomado

<sup>1</sup>Las espumas de poliuretano ofrecen un agarre excelente después de secas y permiten un montaje sencillo y limpio además de un aislamiento térmico y acústico mejorado. Sin embargo presentan algunos inconvenientes. Es difícil dosificar la salida de la espuma si no se tiene experiencia y entonces se puede abombar la jamba. Además si se desea cambiar la hoja más adelante hay que arrancar todo el cerco mientras en sistemas atornillados o clavados queda el precerco limpio.





Dispositivos para adaptar cerco directo y cerco sobre precerco

con cuñas de madera y/o escuadras metálicas en todo su perímetro.

En el sistema tradicional no interesa aproximar las medidas al milímetro, pero esta aproximación sí se vuelve esencial en la unidad de hueco con precerco, lo mismo que las debidas condiciones de plomada y nivel, en relación a las superficies de pavimentos.

### Holguras entre cerco y precerco

En puertas de exterior es recomendable rellenar la holgura entre cerco y precerco con espumas sintéticas o material similar, con objeto de evitar filtraciones de aire y sellar la unión.

En puertas resistentes al fuego la holgura debe rellenarse con materiales que eviten el paso de la llama.

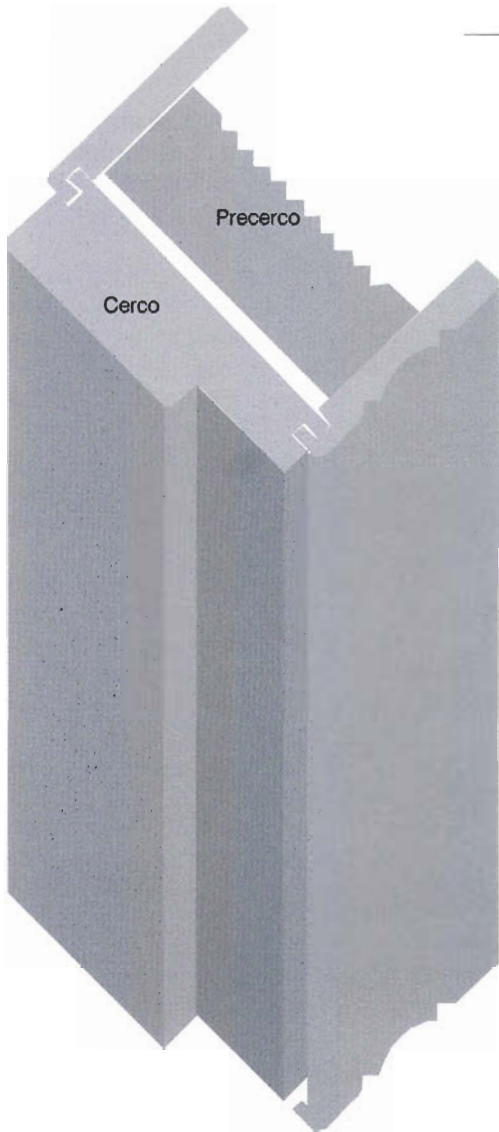
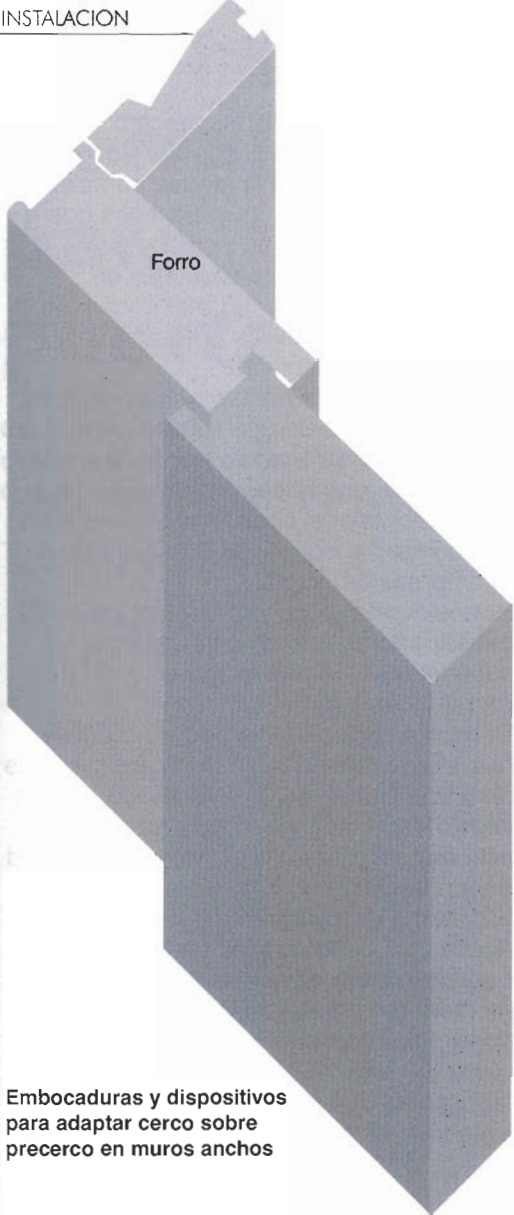
### Holguras entre cerco y hoja. El alambor

La holgura entre el cerco y la hoja es recomendable que esté entre 3-4 mm para evitar roces entre la hoja y el cerco aún en el caso de que el conjunto se mueva ligeramente por cambios de humedad. Además es conveniente disponer de alambor, un corte ligeramente biselado del canto del batiente, para facilitar más si cabe la maniobrabilidad. El alambor se calcula con la fórmula siguiente:

**el alambor  $x$  es igual a  $a-d$**

siendo  $a$  el ancho de la puerta y  
e el espesor y

$d =$  la raíz cuadrada de  $a^2 - e^2$



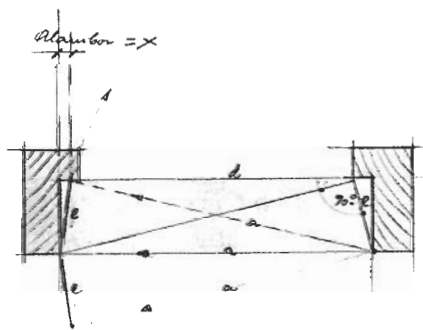
Embocaduras y dispositivos para adaptar cerco sobre precerco en muros anchos

y se aplica a los dos cantos longitudinales de la puerta. En uno facilita la maniobra y en otro facilita la colocación de los herrajes.

En las puertas resistentes al fuego, en cambio, a veces es conveniente colocar una junta de goma que limite temporalmente el paso del humos.

**Problemas de la instalación en obra de carpintería**

La industria de carpintería puede vender a almacenes y son luego carpinteros montadores los que completan el conjun-



Alambor

to en obra. Otras empresas se encargan de todo el proceso y van a obra completa. En ambos casos, la instalación no ha dejado todavía de ser una actividad artesanal. A pesar del avance normativo, de la estandarización de medidas, de las certificaciones de calidad, etc. en la mayoría de las obras se siguen sistemas tradicionales pero con plazos de entrega muy acelerados a pesar de que el contrato se realiza a 6 y 12 meses vista. Todo ello requiere un taller volante que realiza trabajos de ajuste y acabado en condiciones muchas veces inapropiadas (revestimientos húmedos, sin acristalamiento, polvo, barreduras, etc.) La madera muchas veces no se almacena correctamente ocasionando deformaciones irreparables, mermas, asperezas, desajustes y manchas posteriores. En definitiva, se produce una frustración para el carpintero porque su producto se castiga duramente en obra y no se le deja hacer bien su trabajo.

Se suelen dar dos contratos distintos: uno de suministro y otro de montaje, con los precercos separados. Hasta hace poco se garantizaba la obra por un año frente a vicios ocultos pero pasados dos meses de la finalización no se aceptaban reclamaciones por daños accidentales (golpes, roces, desconchones, etc.). La nueva ley de Ordenación de la Edificación ha recogido esta misma filosofía.

Primero se suministran los precercos cuando avisa la constructora y posteriormente se envían las unidades completas. Suelen ser periodos muy elásticos que a veces desembocan en pedidos sin suficiente tiempo para montajes en condiciones óptimas, un mal endémico de las obras: excesivas prisas por las condiciones financieras.

El montaje puede realizarse con equipos propios o con personal subcontratado, en este caso bien conocido por la empresa, asistido en ambos casos por un encargado de montaje, el coordinador de la obra y el comercial correspondiente, todos de la empresa fabricante.

Normalmente se cuenta con un grupo de coordinadores que se encargan de subcontratar los montadores autónomos de refuerzo.

Comparando con el tiempo de montaje que antiguamente tenía una carpintería de obra tradicional, de 3-4 meses, ya que se improvisaba mucho, se ha pasado por este método a reducir el tiempo a la mitad o a un tercio.

El sistema de cobro actual es un talón de Aquiles de las empresas de carpintería que van a obra ya que se debe pagar a montadores y trabajadores de fábrica a corto plazo mientras se cobra a largo plazo (90 días, 120, 150 o 190). Los fabricantes que venden a almacén se evitan este mal trago.



# Herrajes para puertas

Conviene empezar estableciendo una clasificación convencional de los herrajes que pueden intervenir en las puertas.

## Tipos de herrajes

### Para colgar

- pernios
- bisagras

#### De muelles

- Acción simple
- Acción doble

### De seguridad

- cierres

- cerraduras de embutir

- Normales

- Eléctricas

- cerraduras para sobreponer

- cerraduras de pomo

- Fallebas

- cerrojos

- De embutir

- De sobreponer

- Pasadores

- Mirillas

- Cierres magnéticos

### De alta seguridad

- Tiradores, manillas, pomos y

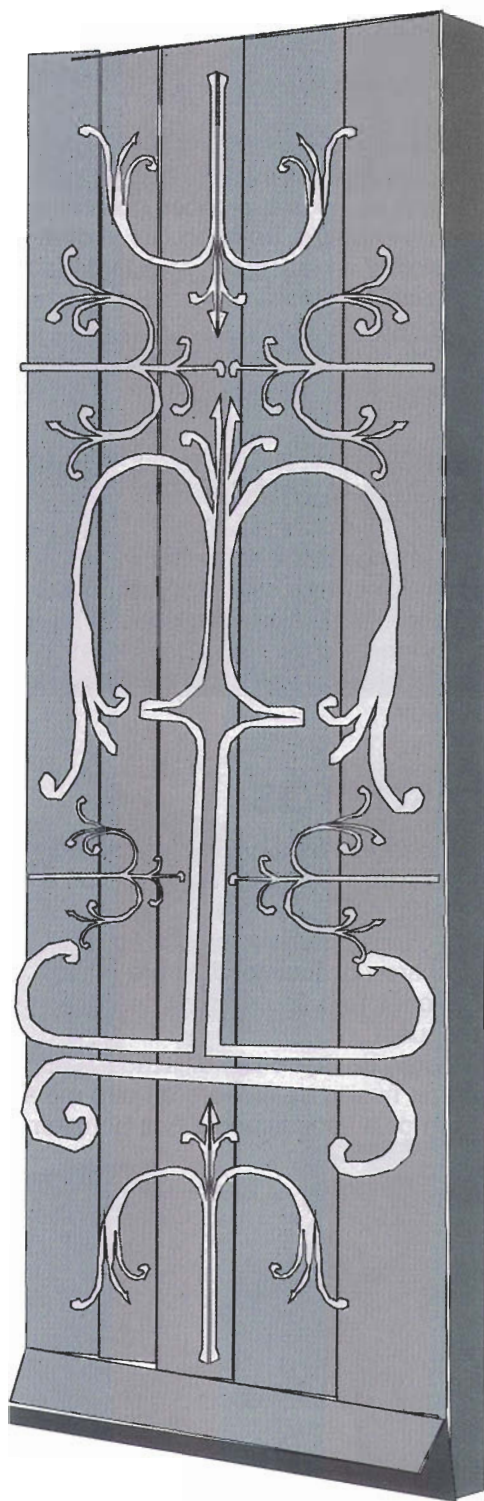
- aldabas

- Cierrapuertas, fijapuertas y frenos

- Herrajes decorativos

- Claveteados

- Zócalos de protección



# Herrajes de colgar

Antiguamente el cuelgue de la hoja se aseguraba por medio del quicial, un madero con dos espigones que encajaban en el quicio, un hueco de la obra (en la solera y en la jamba). Más tarde, sobre el quicial se colocaron herrajes (goznes y bisagras) que permitían el giro de la hoja dentro de la puerta. Sistema que, con escasas variantes ha pervivido hasta nuestros días.

## Goznes

Son los herrajes articulados, ya metálicos, con que se fijaban las hojas al quicial para que al abrirlas o cerrarlas giraran sobre aquel. Posteriormente, y tras diseños más elaborados, se los denominó pernios.

## Bisagras

Las bisagras fueron el paso siguiente al gozne. Se introducían a presión en el bastidor por el canto y se remachaban con clavijas transversales. Más tarde se colocaron directamente sobre la tabla con fijaciones (clavos primero y tornillos después).

Constan de dos palas enlazadas entre sí por un husillo de hierro o de otro metal. Cada pala tiene taladros que permiten

fijarla a la carpintería. Pueden ser planas o en escuadra para producir un solape. En el husillo se introdujeron arandelas que suavizaran el giro de las palas y permitían su engrase.

Las bisagras actuales obedecen al mismo principio pero pueden obtenerse en un mayor abanico de diseños. A continuación se presenta una clasificación temática.

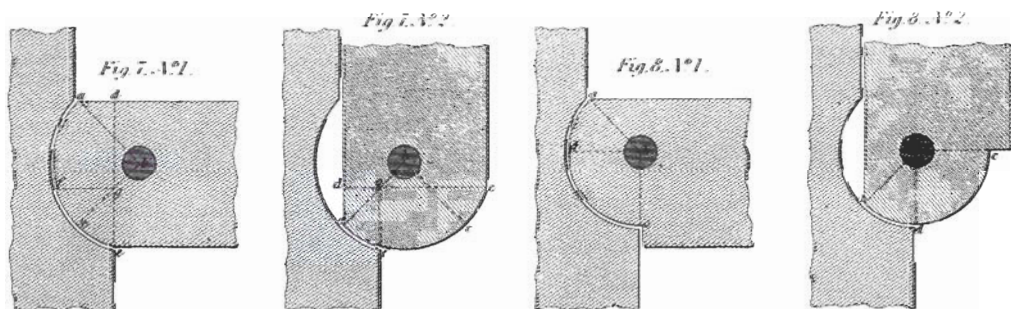
Las bisagras se pueden clasificar por su forma de colocación, por la forma de las palas y por la forma de giro.

Por su forma de colocación:

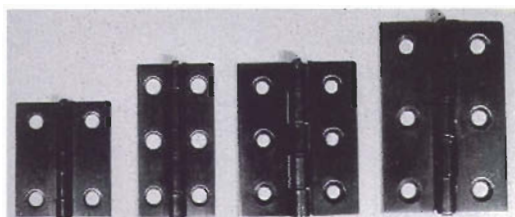
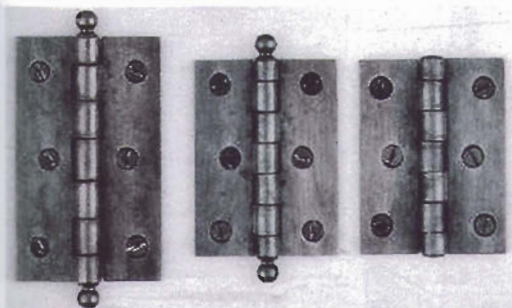
- **Bisagra enrasada** Se usa sobre todo en carpintería de alta calidad. Se introduce en un rebaje practicado en el canto y la cara de la pala queda enrasada en la superficie del canto
- **Bisagra de embutir** Se usa principalmente en portones, puertas pesadas y de exterior. Las palas se encajan a presión en cajeados practicados en el canto de la hoja y se aseguran con clavijas transversales por la cara de la puerta.
- **Bisagra sobrepuesta**. Se coloca la pala vista sobre la cara de la hoja y el cerco. Es tradicional en carpintería doméstica rural principalmente en Reino Unido y otros países anglosajones.

Por el tipo de husillo:

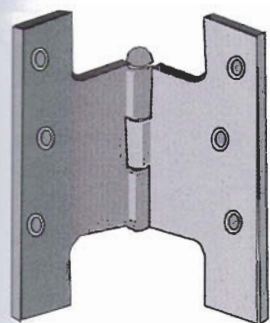
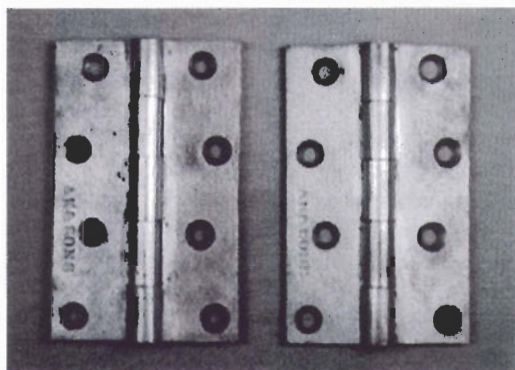
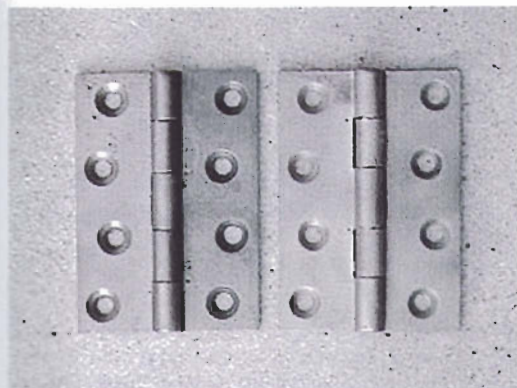
- **Bisagra de husillo removible**. El pasador es removible. Su principal ventaja es que la hoja puede sacarse sin descolgarse levantando el husillo y sin que los tornillos



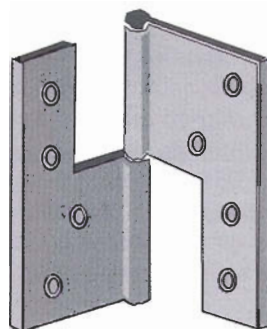
Disposiciones típicas de los goznes y quicios



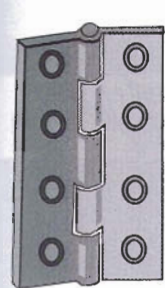
Bisagras de los siglos XVIII y XIX



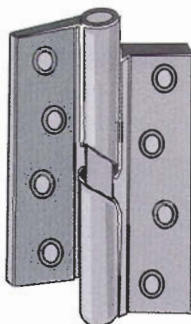
Bisagra excéntrica de husillo enrasado removable o de pasador. También llamada de *Parlamento*



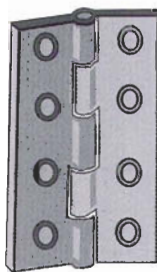
Bisagra excéntrica de husillo fijo y palas enrasadas



Bisagra de husillo removable enrasada



Bisagra de husillo saliente removable. Es ascendente porque la hoja se eleva ligeramente al ser abierta)

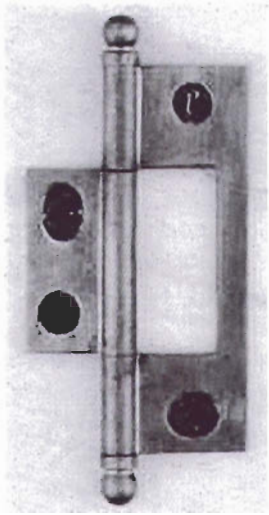


Bisagra de husillo fijo enrasado



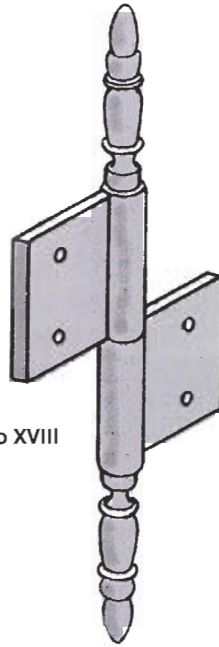
Bisagra excéntrica de disposición perpendicular



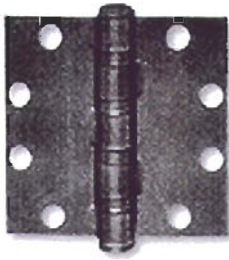


Bisagra coplanar antigua

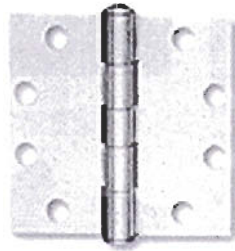
Bisagra del siglo XVIII



Colocación de la bisagra



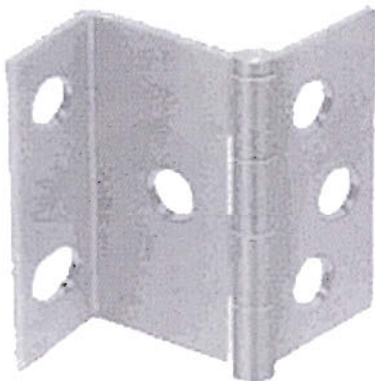
Bisagra de puerta pesada



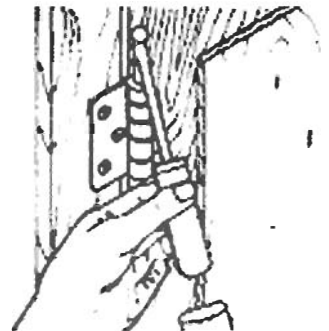
Bisagra de puerta estándar

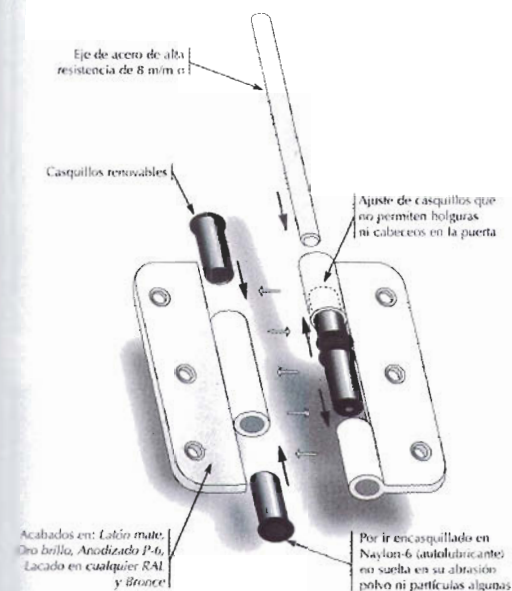


Bisagras removibles



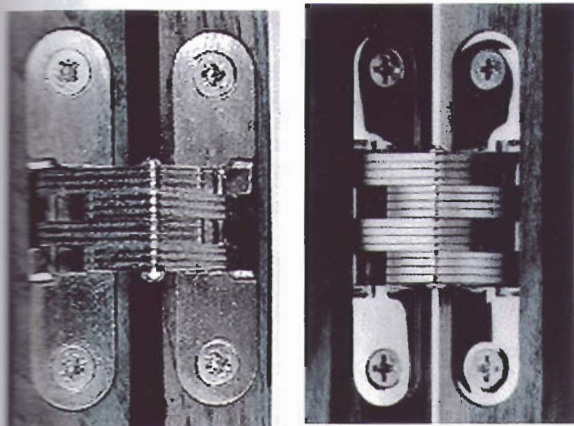
Bisagra en escuadra



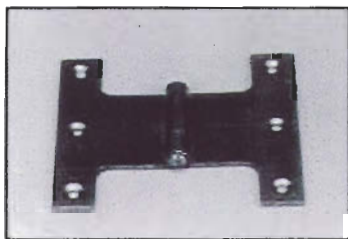
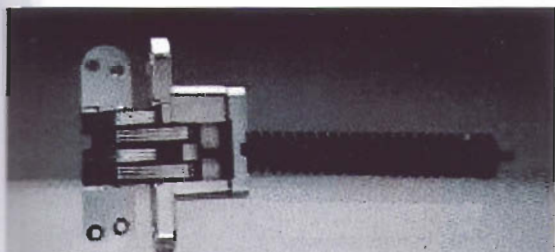


**Bisagra removible española patentada (Bisagra GIM Modelo de utilidad nº 9701675/6) con encastrado autolubricante.**

#### Bisagras de librillo



#### Bisagras de librillo resistente al fuego



#### Bisagra de Parlamento

tengan que quitarse. El vástago debe estar suficientemente separado de la cara de la puerta para facilitar esta operación.

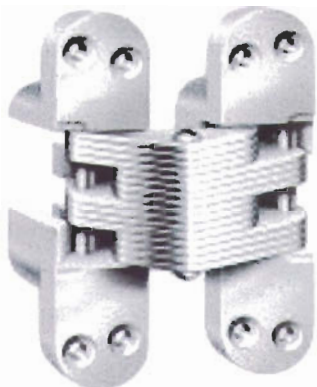
- **Bisagra de husillo fijo.** Al no poder extraerse el pasador la puerta sólo puede descolgarse desatornillado las palas. Son las más habituales en portones y puertas pesadas.

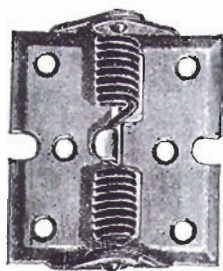
- **Bisagra excéntrica.** Facilitan la limpieza de las hojas desde el interior. Una pala de la bisagra se fija a la cara del cerco y la otra a la hoja. Permite el giro de 180°.

- **Bisagra de librillo.** Es aquella en la que el pasador es sustituido por una serie de láminas superpuestas. Es más habitual verla en puertas de muebles que en carpintería. Al quedar oculta, deja una junta completamente limpia.

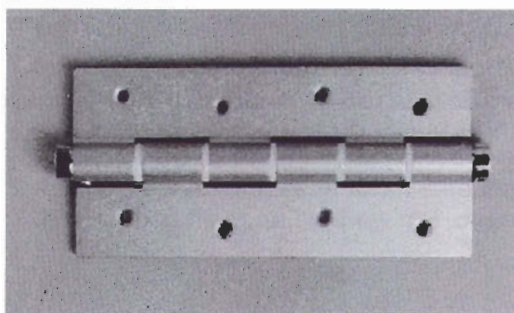
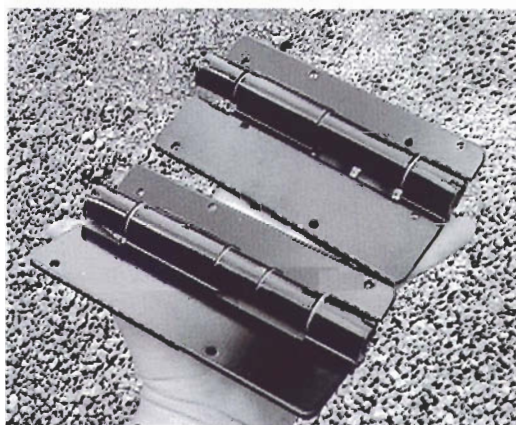
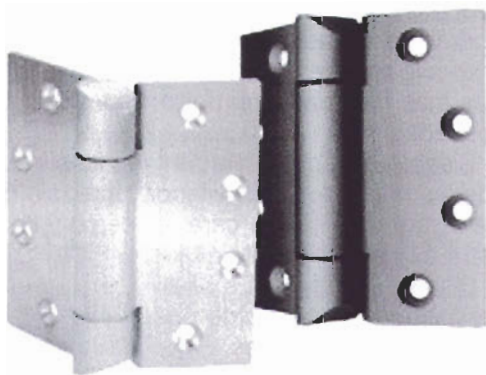
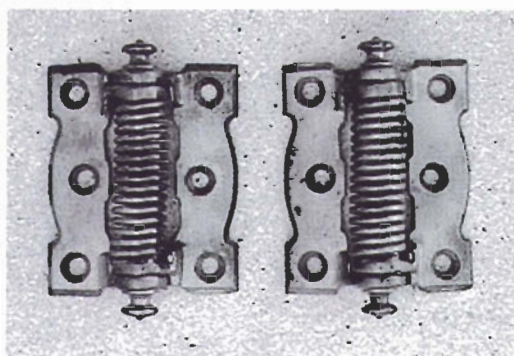
Por la forma de giro

- **Bisagra de parlamento.** Permite un giro de la puerta de 180°. Se usa donde es necesario que la puerta se doble completamente hacia atrás, quedando pegada al muro. Por ejemplo en puertas de salida

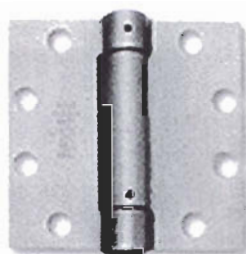
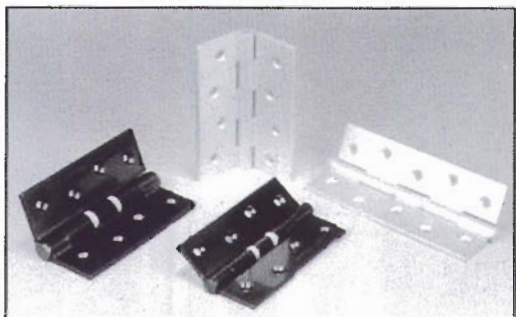




Bisagras-muelle del siglo XIX

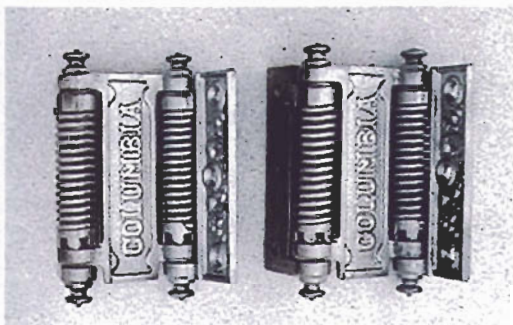
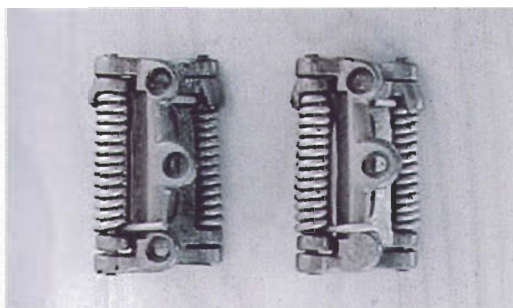


Bisagras-muelle actuales

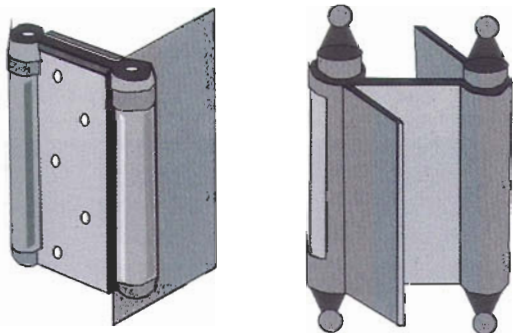
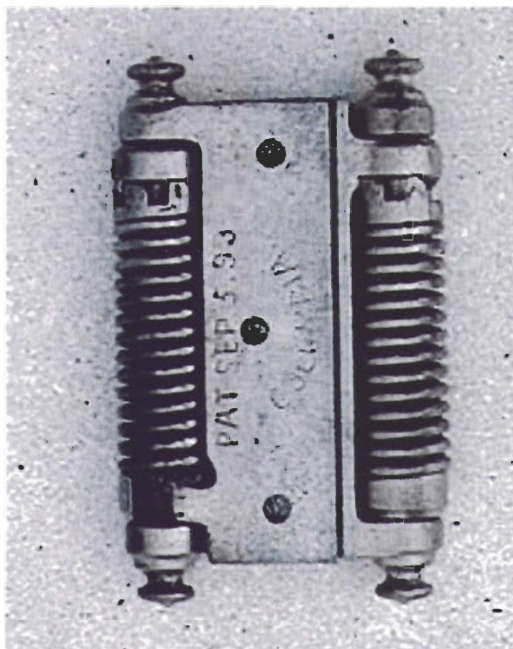


Bisagras de vaivén años 60





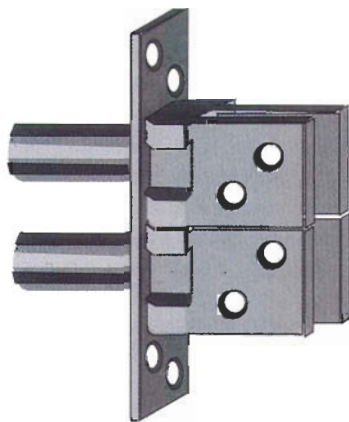
Bisagra de vaivén del siglo XIX



muy transitadas.

- Bisagra Muelle: Permite el giro normal de 90° y recuperarlo. Para ello se vale de un muelle interior.

- Bisagra de doble acción (o de vaivén). Permite que la hoja pueda abrirse en los dos sentidos (en 180°). Para ello simplemente tienen una pletina central y dos alas sobre dos bisagras. Las anillas suelen ser de nylon.

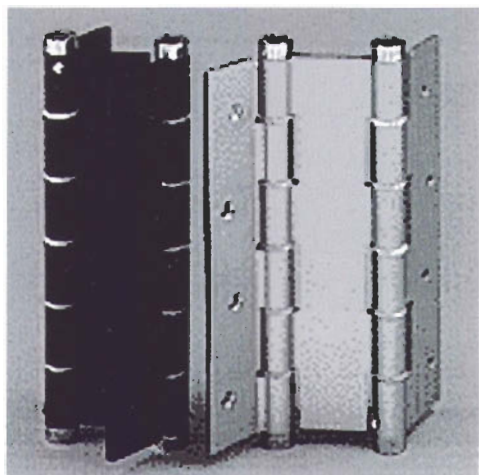
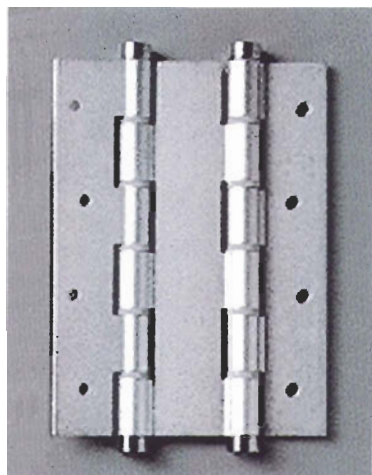


Bisagras de vaivén años 60

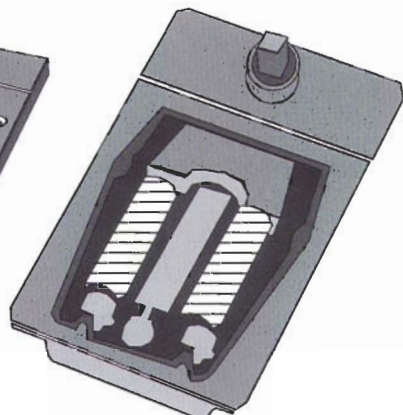
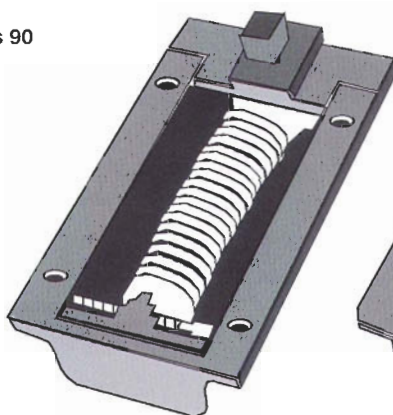
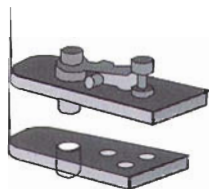
Las bisagras de mano izquierda son, en principio, diferentes. Sin embargo algunos modelos recientes permiten el uso para las dos manos, presentando además un escasquillado autolubricante.

Por la forma de las palas

- Bisagra cilíndrica empotrada. Es una bisagra en la que las palas se transfor-



#### Bisagras de doble acción años 90

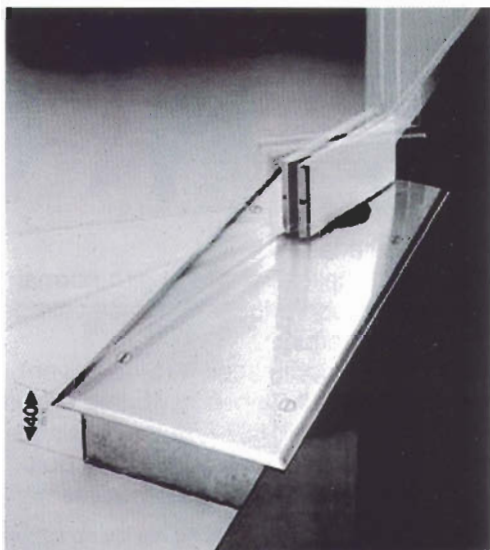


Herrajes de vaivén embutidas en el canto superior e inferior (izquierda) y herrajes de vaivén inferior empotrados en el suelo

man en un cilindro roscado. Pueden abrirse hasta  $180^\circ$  y es especialmente apropiado para puertas plegables. Se fijan en huecos practicados en la madera con un diámetro ligeramente inferior al de los cilindros.

- Bisagras sin rebaje o a tope. Se caracterizan porque una de las palas encaja en un hueco de la otra. Pueden ser planas o en escuadra. Sólo se utilizan en puertas ligeras.

- Bisagras de mariposa. Se usan principalmente sobre las caras de hojas y cercos. Sus palas tienen formas lobuladas.



### Bisagras de muelle

La hoja de vaivén se emplean extensamente en locales públicos, hospitales, tiendas, oficinas y en muchos edificios modernos.

Pueden tomar la forma de bisagra sobre la hoja o de zapata, en el suelo.

La *bisagra de muelle* tiene un muelle para lograr el cierre automático (sin amortiguación). Tiene gran resistencia a torsión y potencia de cierre graduable.

Las bisagras son de eje tubular metálico o plástico, el cual ofrece una doble ventaja frente al de zapata: es más resistente y tiene formas más discretas y estilizadas. Sirve para puertas de hasta 1,10 m de ancho.

Básicamente constan de una placa central unida a dos cilindros laterales o bisagras (según los casos) con muelle interior, que a su vez tienen una nueva pala con orificios. Una se une a la hoja y otra al cerco.

En los años 50 y 60 se utilizaba el sistema de placa, con un fuerte empotramiento en el cerco, una o dos abrazaderas laterales (dependiendo si es de simple o doble acción) que se unen a la hoja mediante tornillos.

*Mecanismo de zapata.* Consta de un pivote inferior que conecta una caja empotrada en el suelo con simple o doble muelle y un pivote superior que encaja en el cerco. El muelle es comprimido mediante una barra insertada en el hueco del collar

El pivote inferior se conecta mediante un tubo cuadrado al muelle, el cual se ajusta con un tope mecánico o de aire comprimido y es el que logra frenar el vaivén de la puerta hasta unos 150 mm del cierre. El pivote inferior se ajusta a la hoja mediante una abrazadera y el superior mediante dos chapas que encajan con pivotes. La instalación es delicada.

### Acabado de las bisagras

Los acabados tradicionales de las bisagras son el latón, dorado, cromado brillante, zincado, tipo cañón de fusil, latón-cobre, hierro patinado (todos ellos realizados actualmente con acabado electrolítico). Más modernos son los productos inoxidable, cromados mates, brillantes, epoxi y coloreados.

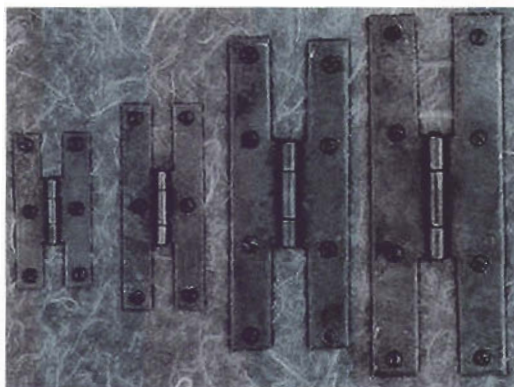
## Pernios

Son la actualización de los antiguos goznes y la evolución natural de las bisagras para determinados usos.

Constan de una pieza tubular inferior que remata en un vástago vertical sobre el que gira otra pieza tubular superior. Se diferencian de las bisagras en que el vástago (que se corresponde con el pasador de la bisagra) está unida solidariamente a una pala o a una espiga. Se desarrollaron inicialmente para ventanas pero también se aplicaron a puertas ligeras aunque lo habitual en portones y puertas pesadas siguen siendo las bisagras.

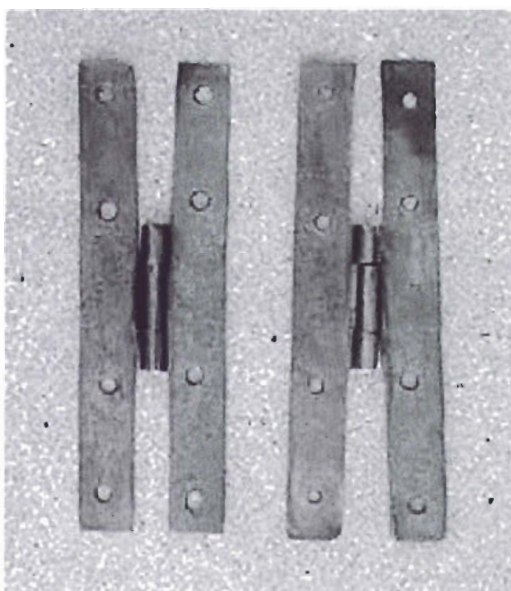
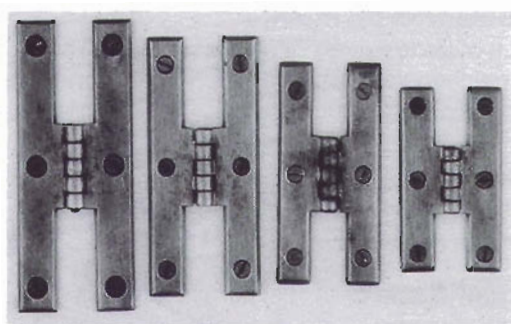
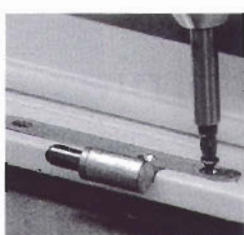
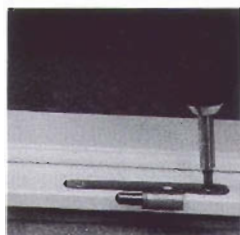
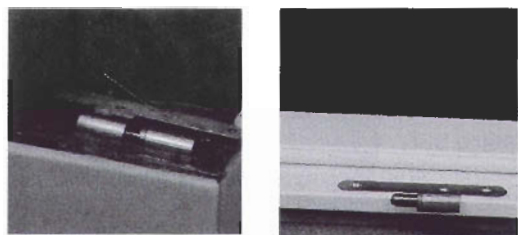
Progresivamente los pernios han ido ganando terreno, desplazando a las bisagras en los pesos medios. Se diferencian de éstas en que los pernos son de derechas o de izquierdas, mientras las bisagras son indiferentes.

Los pernios actuales se pueden fijar con



Pernios Sheraton (siglo XVIII)





**Pernios de pala estrecha antiguos**

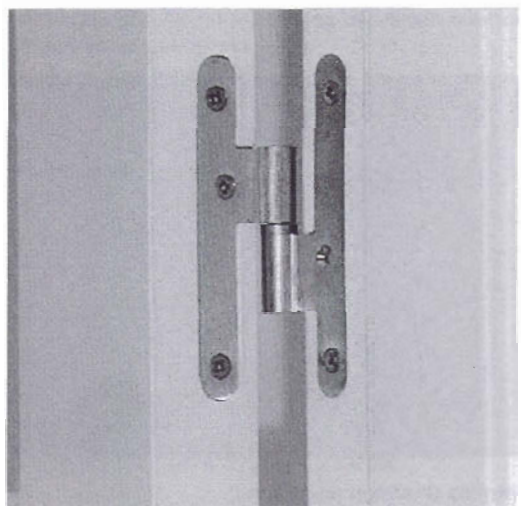
palas (lo más habitual) o con espigas lisas, roscadas o una combinación de ambas.

### **Pernios de palas enrasadas**

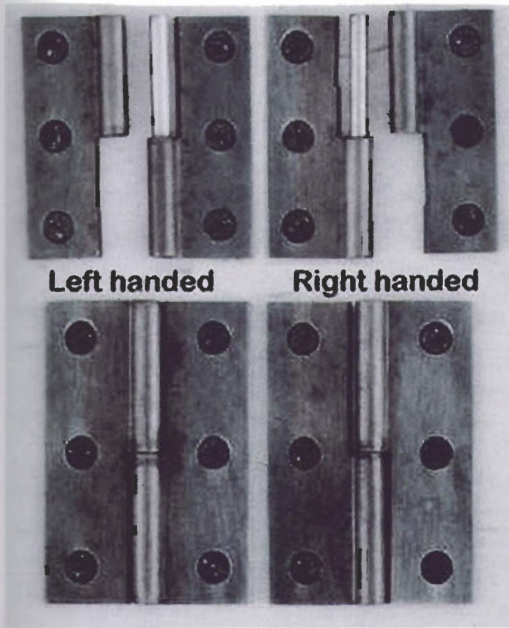
Las palas pueden ser planas o acodadas y suelen tener los bordes redondeados. Se fijan con tornillos de longitud adecuada y se alojan en cajeado realizado previamente con una fresadora.

### **Pernios de espiga roscada**

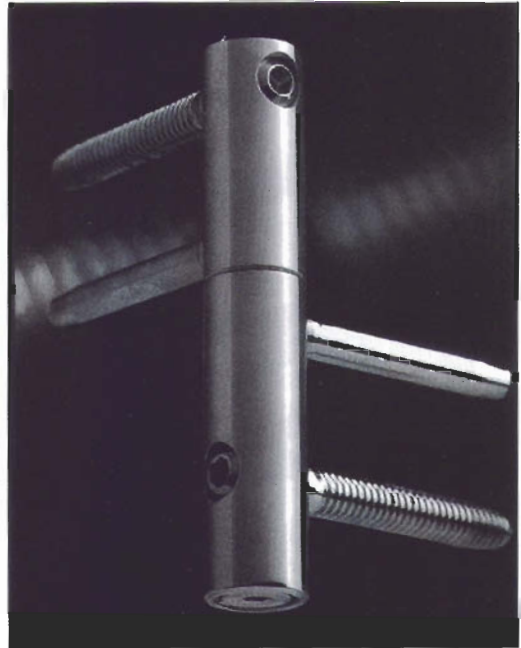
Se introducen en el canto de la hoja y en el cerco con taladro previo. Se utilizan plantillas para los taladros y su separa-



**Pernio de palas enrasadas. Colocación**



Pernios de palas anchas del siglo XIX

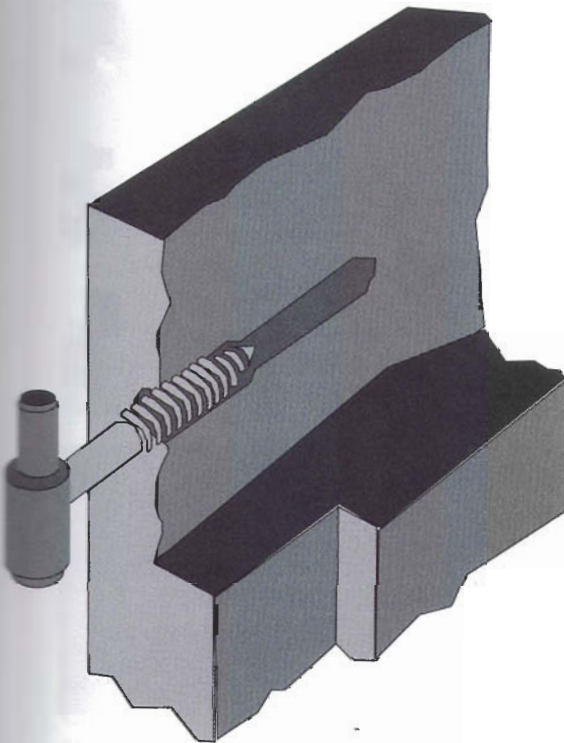


Pernio de espigas mixtas

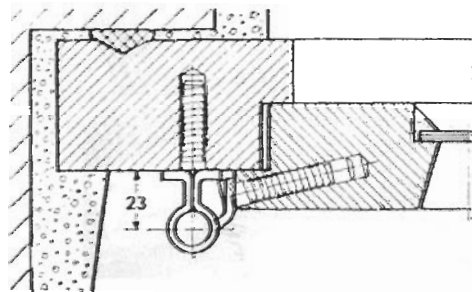
ción del borde ha de ser suficiente para evitar el desgarro de la madera en esos puntos (16 a 19 mm dependiendo del tipo de pernio).

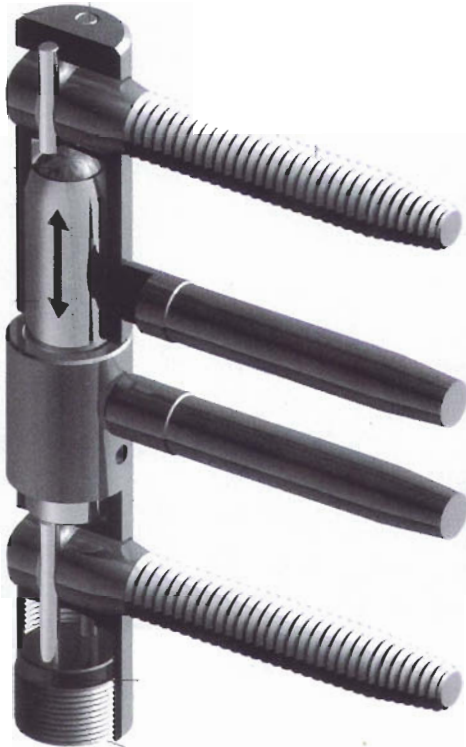
**Pernios de espigas mixtas**

Las lisas se encajan a presión y pueden remacharse lateralmente con clavija. Las roscadas, con un paso en torno a 1,8 mm, resisten mejor al



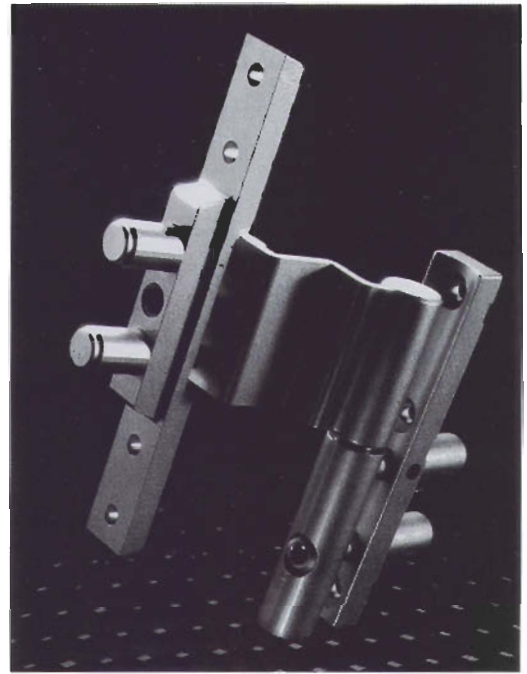
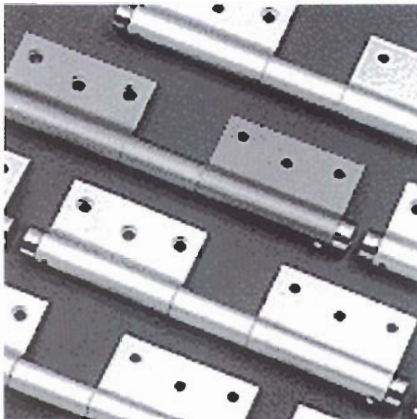
Pernio de espigas roscadas



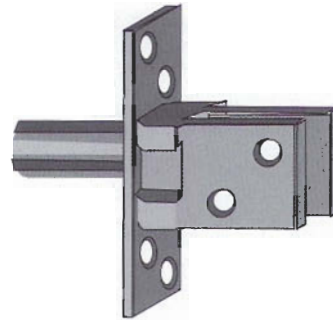


**Pernio regulable sobre tres ejes para puertas de ingreso de madera**  
**Diámetro 16 y 20 mm**  
**Capacidad máxima 120 kg**

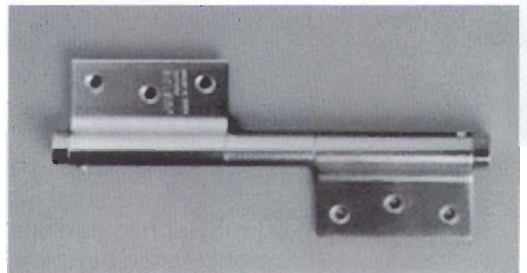
desgarro y penetración en la madera. Se accionan mediante llaves allen. Las lisas se colocan en la hoja y las roscadas en el cerco.



**Bisagra de escudo, años 90**

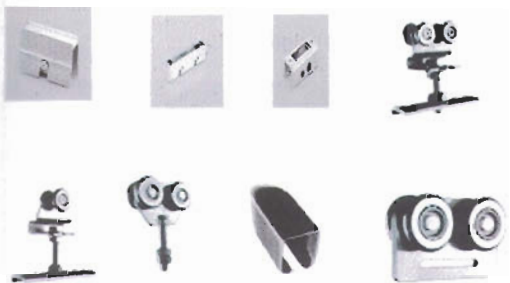
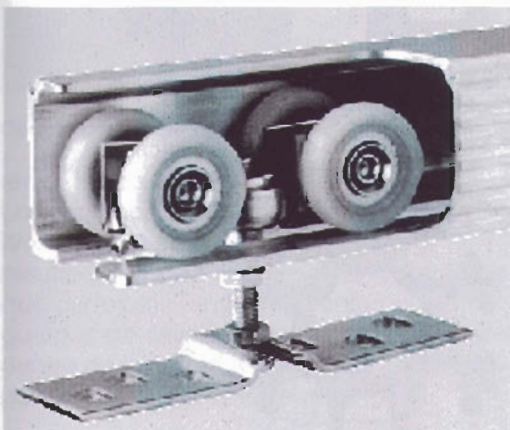
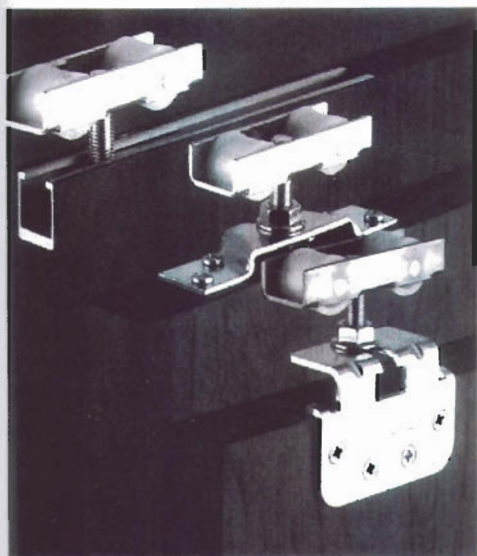


**Pernio-muelle años 60.**



**Pernios-muelle**





### **Pernios de palas fijadas con pernios resistentes**

Cuando los tornillos no ofrecen suficiente sujeción existen palas con pernios solda-

dos de unos 12 mm de diámetro y 30, 40, 50 y 60 mm de largo los cuales se introducen en taladros previamente. Sirven para puertas de hasta 150 kg de peso.

### **Pernios regulables**

Se emplean en puertas de entrada o muy pesadas.

El pernio remata superiormente en una bola de acero templado que reduce la fricción de apoyo. La altura del pernio se controla mediante un tornillo de regulación inferior. La regulación permite distribuir de manera uniforme la carga sobre los pernios y se acciona con llave *allen*. Su diámetro es de 16-20 mm y tienen una capacidad de carga máxima de 120 kg.

### **Pernios de recuperación o de muelle**

Como las bisagras de muelle, estos pernos permiten la apertura normal de la puerta a 90° con recuperación automática.

### **Acabados de los pernios**

Suelen ser de acero con acabados varios: zincado, niquelado, latonado, lacado, etc.

## Mecanismos de corredera

Los mecanismos actuales son el resultado de la evolución de sistemas tradicionales garantizados por una larguísima experiencia. Se basan en deslizamiento de ruedas de plástico duro sobre o en un perfil de guiado, de aluminio extruido, sólido y ligero.

Las guías se obtienen cortando los perfiles estandarizados a las longitudes adecuadas.

El perfil se fija a la pared mediante un angular metálico. Las ruedas se fijan a la puerta a través de una pletina y un perno de regulación de altura.

# Herrajes de seguridad

Las puertas de acceso a viviendas disponen de accionamiento interior del resbalón y con llave desde el exterior. Las interiores disponen de accionamiento por ambas caras, con resbalón y condena, por el interior en los cuartos de aseo, desactivable desde el exterior en caso de emergencia.

## Cerrojos

El cerrojo es un mecanismo que asegura la puerta de tal forma que no pueda abrirse a no ser que se utilice una llave o una serie de manipulaciones a través de un código secreto. Sirven para condenar la apertura de un hueco. Deben ser fuertes para recibir los empujes de forzamiento.

El cerrojo es originario de Medio Oriente; el ejemplo más antiguo que se conoce se encontró en las ruinas del Palacio de Khorsavad, cerca de Nínive. Posiblemente de 4000 años de antigüedad, es del tipo conocido como de palanca de clavijas cuyo uso se extendió por Oriente Medio. Consistía en una larga palanca de madera con una forma parecida a un cepillo de dientes, donde las cerdas son clavijas que encajan en huecos, formando un conjunto ensamblado que simplemente se levanta y desliza el pasador.

Cerrojos de este tipo se han encontrado también en Japón, Noruega, Islas Feroe, India y Zanzíbar. Una antigua referencia bíblica en Isaías revela que la llave se llevaba colgada del hombro lo que parece indicar que eran de grandes dimensiones. Mas tarde, aunque con un sistema primitivo, los griegos, usaban un cerrojo que se movía con una llave de hierro en forma de hoz. La llave pasaba a través de un orificio de la puerta y giraba. La punta de la hoz engancha el pernio y dirigía hacia



Llave antigua de madera



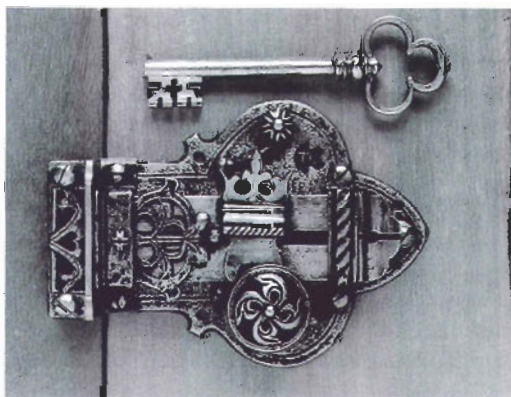
Llave anglosajona.  
Siglo IX d. de C.



Llave vikinga



Llave carolingia del siglo XVIII





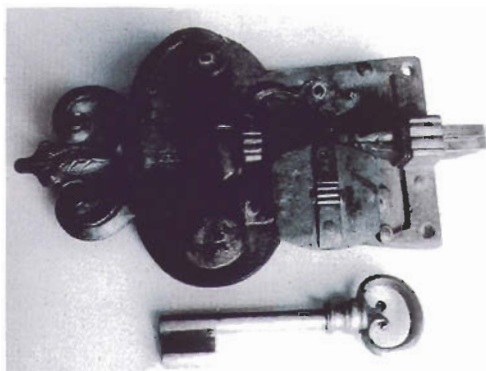
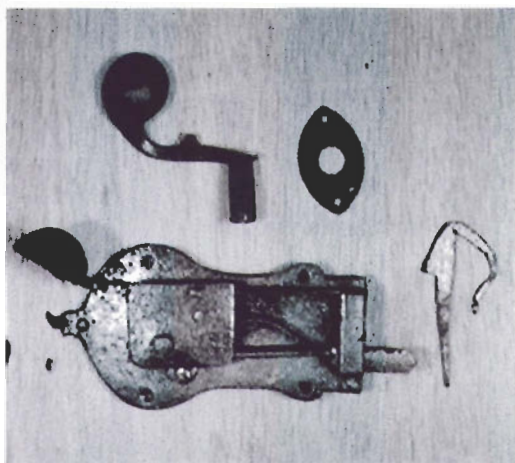
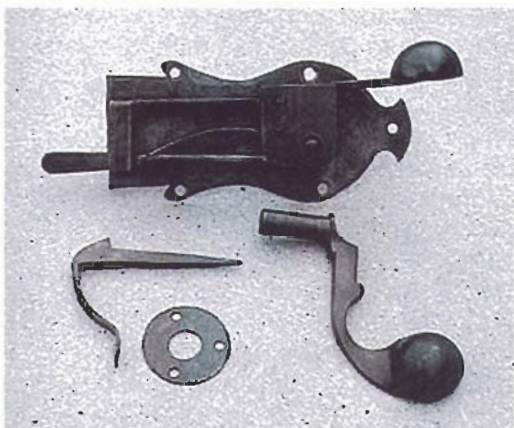
**Cerrojo medieval**



**Cerrojo castellano renacentista**

atrás. Proporcionaba poca seguridad. Los romanos introdujeron los cerrojos de hierro y las llaves, de bronce (con el resultado de que se conservan más llaves que cerrojos). También inventaron las guardas de llave.<sup>1</sup> La llave no podía girar dentro de la cerradura a no ser que la cara plana (sus dientes) tuvieran el perfil

<sup>1</sup> rodetes o hierro que impide pasar la llave para correr el pestillo y en las llaves, la rodaplancha o hueco que hay en el paletón por donde pasa el rodete.

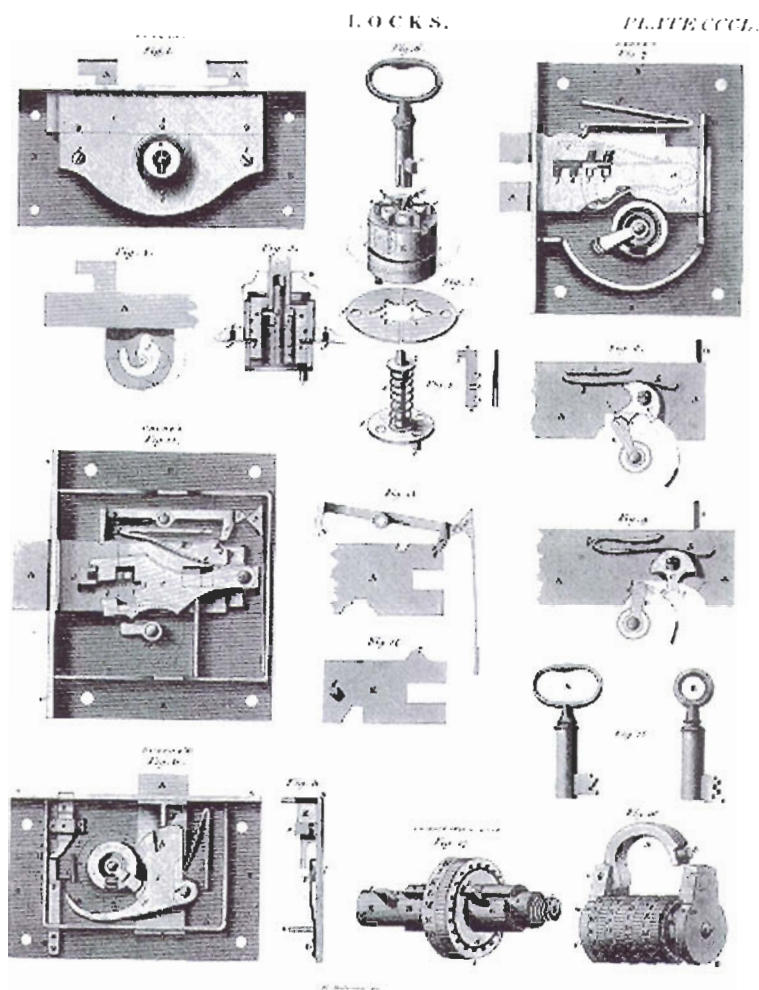


**Cerrojos del siglo XVIII**

cortado de tal manera que sus proyecciones pasaran a través de ese perfil. Durante siglos, el cerrojo dependió del uso de guardas para asegurar su seguridad las cuales eran fáciles de forzar, ya que podían emplearse instrumentos que liberaran las proyecciones de las clavijas, por muy complejas que fuesen. Los romanos fueron los primeros en fabricar llaves pequeñas, tanto que algunas podían llevarse en los dedos como anillos. También inventaron el candado, aunque es probable que fuera también desarrollado de forma independiente por los chinos.

En la Edad Media, se logró un alto desarrollo de los cerrojos metálicos, siendo especialmente famosos los alemanes de la escuela de Nüremberg. Las partes





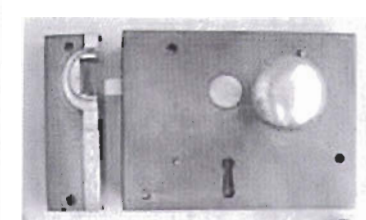
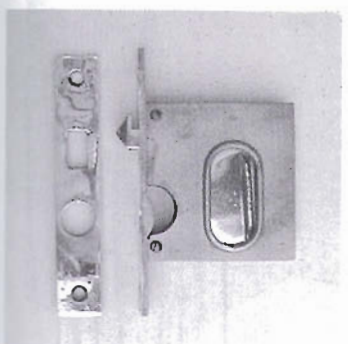
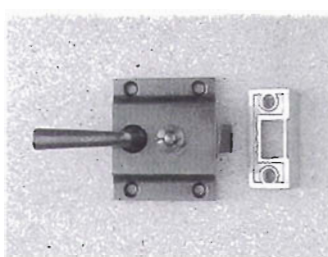
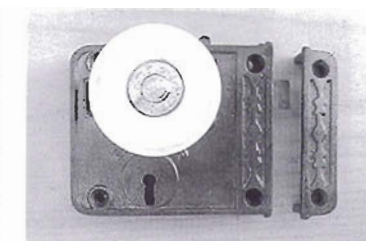
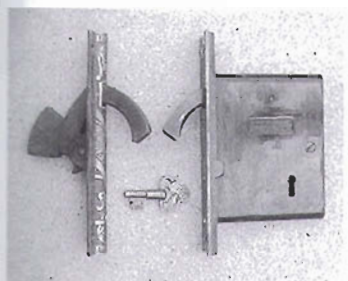
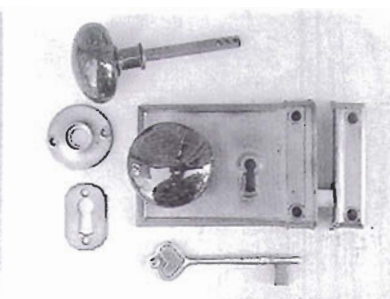
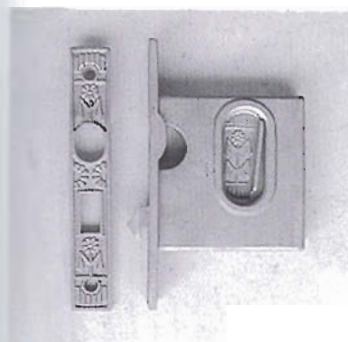
móviles de los cerrojos se ajustaban con gran precisión y sus acabados eran muy decorados, lo mismo que las llaves. La seguridad dependía exclusivamente de las guardas, el mecanismo de bloqueo desarrollado con tanta dificultad. Algunos refinamientos complementarios eran los escamoteos del orificio, los ojos de cerradura ciegos, lo que obligaba a los ladrones a emplear un tiempo suplementario antes de forzar la cerradura.

### **Desarrollo de los cerrojos**

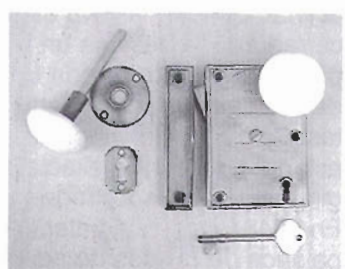
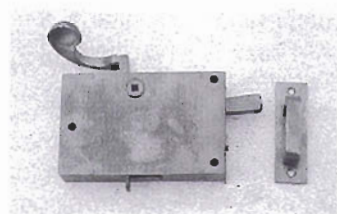
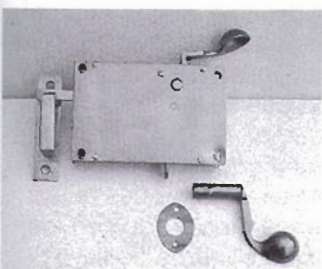
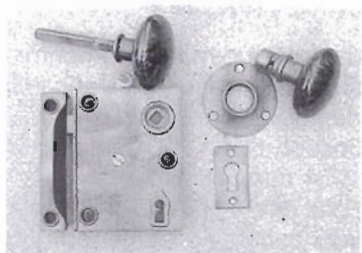
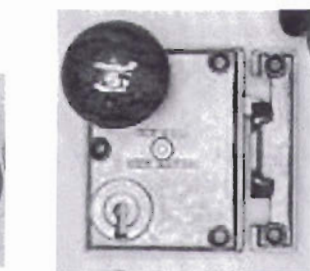
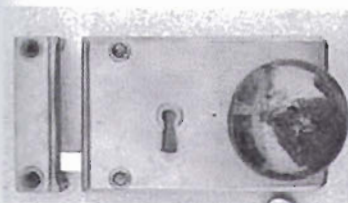
El primer intento serio de mejorar la seguridad del cerrojo se hizo en 1778 cuando Robert Barron patentó en Inglaterra el cerrojo de tambor de doble acción.

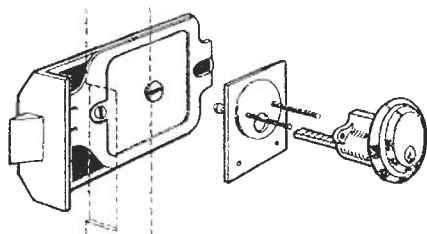
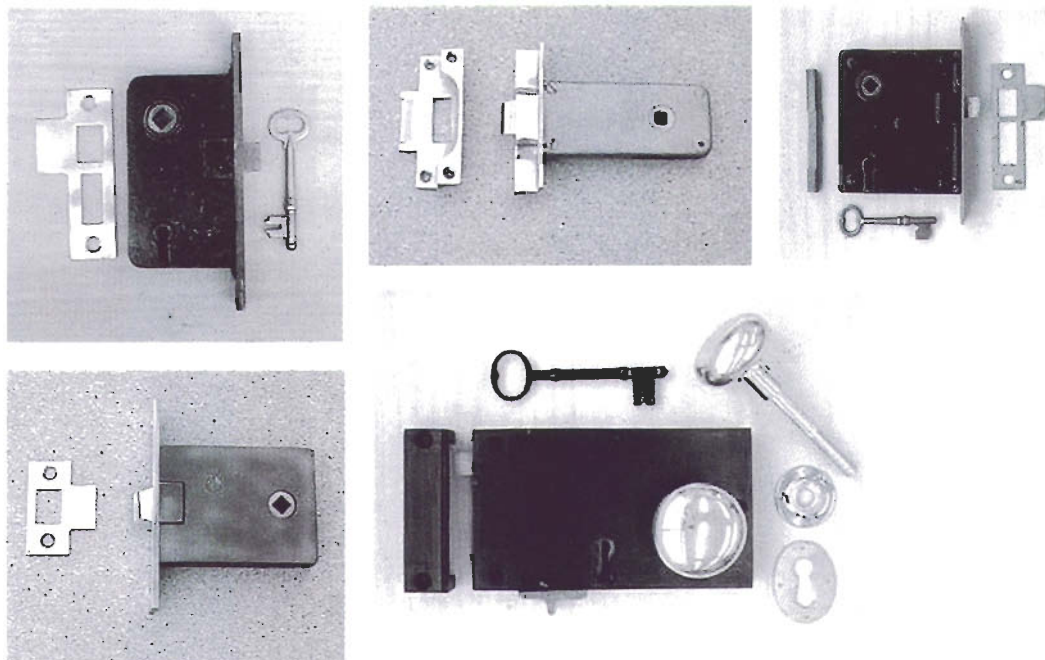
Un tumbador que hace de palanca, o trinquete, que cae en un orificio del pasador e impide que se mueva hasta que es alcanzado por la llave exactamente a la altura adecuada, fuera del hueco. La cerradura Barron tiene dos palancas y la llave tiene que alcanzar cada palanca en un momento diferente antes de que los pasadores puedan moverse. Esta enorme ventaja ha sido desde entonces el principio básico de los cerrojos de palanca.

Pero incluso el cerrojo Barron ofrecía poca resistencia a determinados ladrones y en 1818 Jeremiah Chubb mejoró la palanca de cerrojo incorporando un



Cerraduras y picaportes del siglo XIX



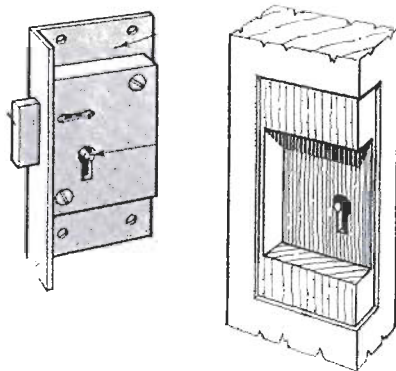


### Cerrojo y llave Yale

detector, un muelle comprimido que sujetaba cualquier palanca que llegase demasiado arriba.

Joseph Bramah patentó en Inglaterra en 1784 una cerradura interesante en otra línea diferente. Era una cerradura muy intrincada consistente en un pequeño tubo de metal con unos dientes cortados al final. Cuando la llave es empujada en la cerradura, depresiona un número de piezas deslizantes, cada una a determinada profundidad, controlada por los dientes. Sólo cuando las piezas deslizantes están a la distancia exacta, la llave puede girarse y el pasador moverse.

En 1848 Linus Yale patentó en EEUU una palanca de clavijas de adaptación en la

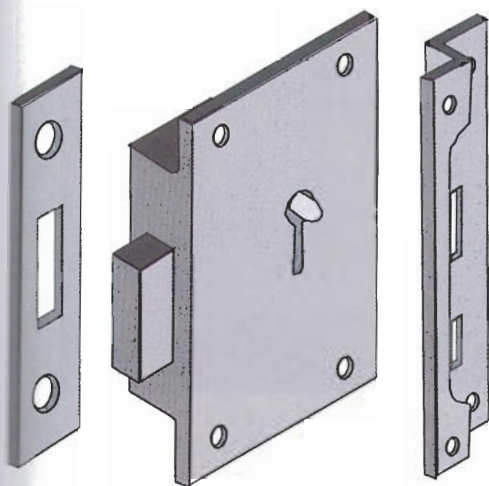


línea de las antiguas llaves egipcias. Las clavijas en un cilindro (o bombín) se elevan a determinada altura por unos dientes haciendo posible que éste gire. El número de combinaciones de altura de las clavijas (normalmente cinco), junto al efecto de la guarda daba un número casi ilimitado de variaciones.

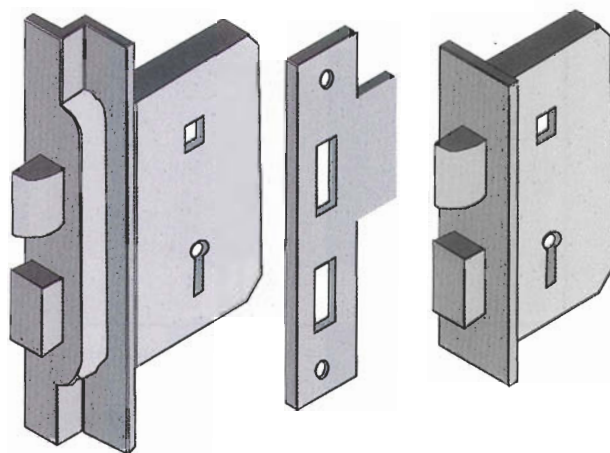
La llave Yale es la que se ha impuesto en la cerrajería moderna.

Actualmente existen cilindros de puerta de diferentes perfiles y longitudes que combinan los cierres mecánicos con los electrónicos. Existen cilindros de llave

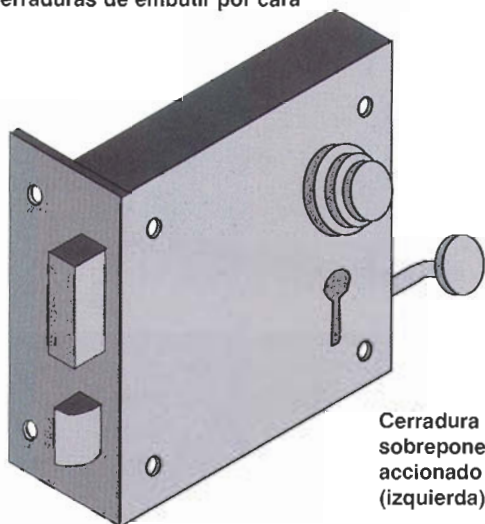




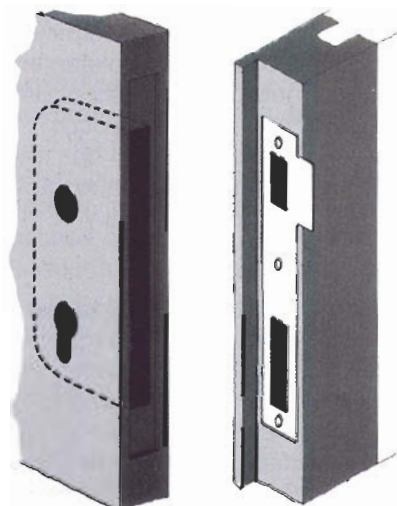
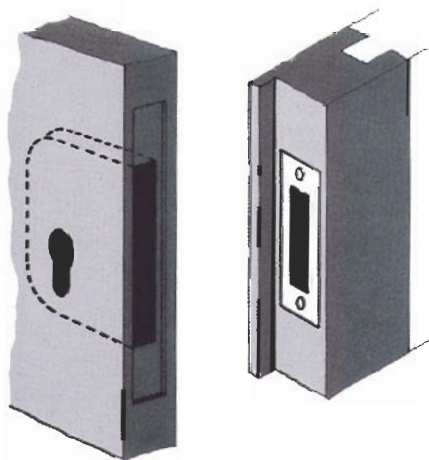
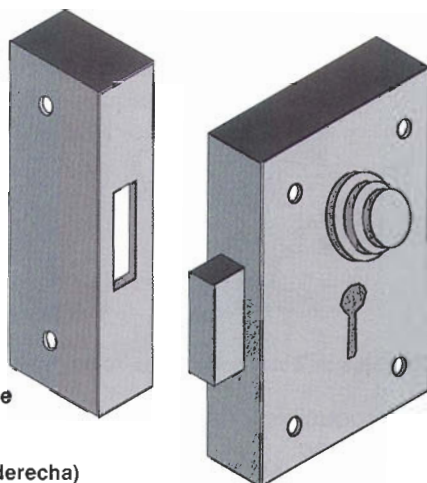
Cerraduras de embutir por cara

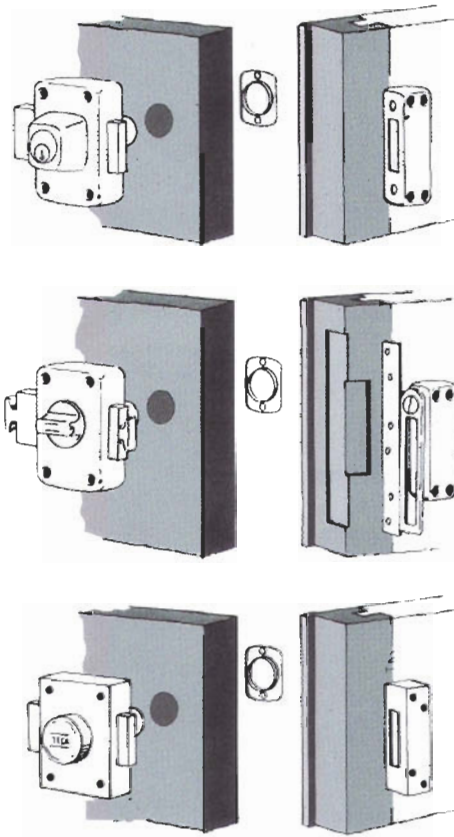


Cerraduras de embutir por canto



Cerradura por tabla o de  
sobreponer simple y  
accionado con palanca  
(izquierda) o muletilla (derecha)





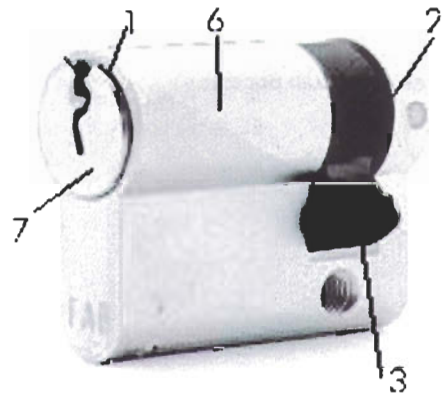
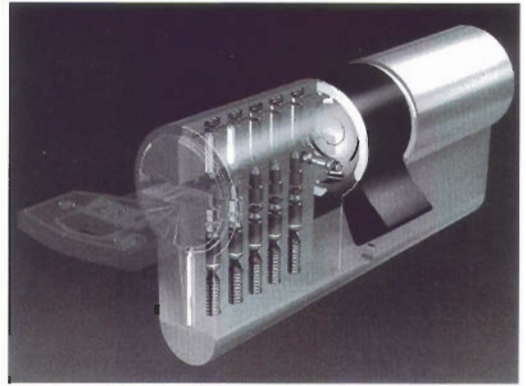
#### Cerrojos de sobreponer años 70-80

irreproducible y de comportamiento cortafuego.

El sector de herrajes creció y mejoró espectacularmente en los años 60. Se empezaron a desarrollar los de funcionamiento neumático, otros completamente invisibles, magnéticos, de plástico, de nylon, etc. Los herrajes magnéticos provienen de la industria naval que los había venido utilizándolos 25 años antes de incorporarse a la carpintería y el mueble.

#### Cilindros o bombines actuales

El cilindro consta de varios elementos: cañón, cañuto, excéntrica, pitones, llaves y muelles. En cada uno intervienen distintos materiales (latón, acero templado, acero inoxidable, acero sinterizado, alpaca, etc.) Los acabados son de latón,



latón-níquel, cromo, níquel en brillo, mate, espejo, etc.

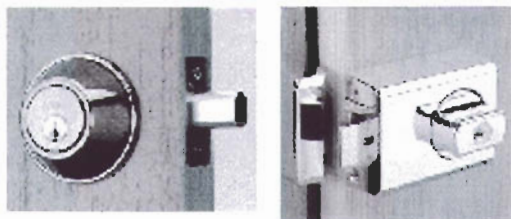
Se componen de las siguientes partes:

- 1 Clip de fijación del rotor
- 2 Embrague
- 3 Excéntrica
- 4 Llave dentada
- 5 Llave plana
- 6 Estátor o cuerpo
- 7 Rotor
- 8 Pitón del rotor
- 9 Pitón del estátor
- 10 Muelle del pitón
- 11 Tapón

#### Cerraduras actuales

Son herrajes que se aplican a las hojas y se accionan por medio de una llave, sale un pasador que penetra en la caja del cerradero.

Pueden constar de una cerradura sola-

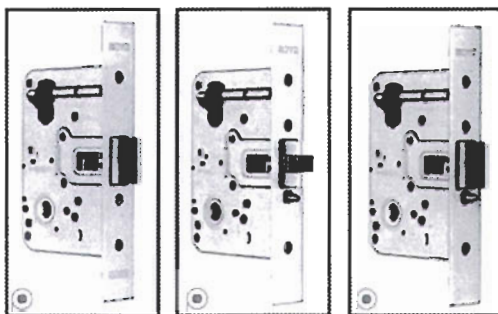


mente (caso de puertas exteriores y de calle), o pueden tener además un resbalón accionado por una manivela-manilla o palanca con muletilla.

Por el lugar de colocación pueden ser para embutir (por canto o de cara) o de sobreponer (para adosar a la cara de la puerta). Un tercer sistema sería el parcialmente encajado en la cara.

La cerradura para embutir presenta un acabado 'noble' en la cara vista e 'industrial' en la parte oculta. El acabado noble puede ser latonado, latón pulido o acero inoxidable.

La cerradura de sobreponer o cerrojo acciona el pasador con muletilla (que gira 90°), con botón (que gira progresivamen-



**Cerraduras resistentes al fuego**

te) o con cilindro (llave)

Las partes de la cerradura son las siguientes:

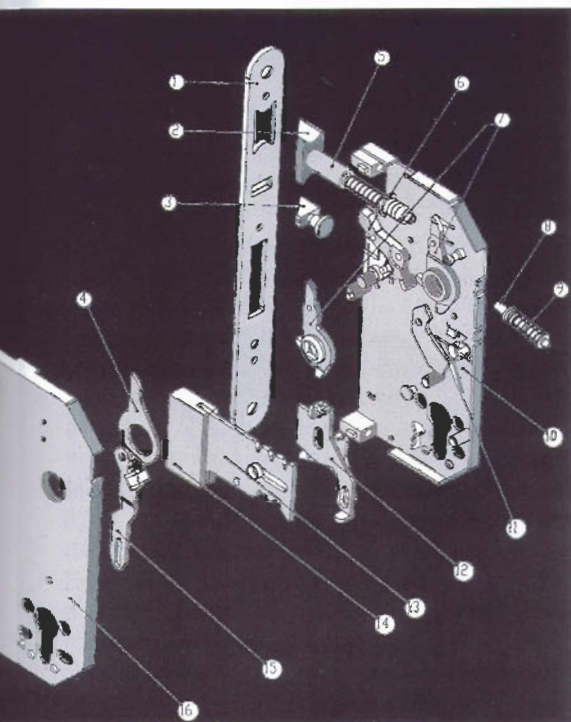
- 1 Frente
- 2 Cabeza del picaporte
- 3 Dispositivo de seguridad
- 4 Suplemento de la nueca
- 5 Varilla del picaporte
- 6 Condena del picaporte
- 7 Nueca
- 8 Guía del muelle de la nueca
- 9 Muelle de la nueca
- 10 Caja
- 11 Muelle de la campanera
- 12 Campanera
- 13 Chapa de la palanca
- 14 Palanca
- 15 Balancín
- 16 Cubierta

Existe una norma europea que está desarrollando las definiciones y ensayos de este producto (PNE 85413)

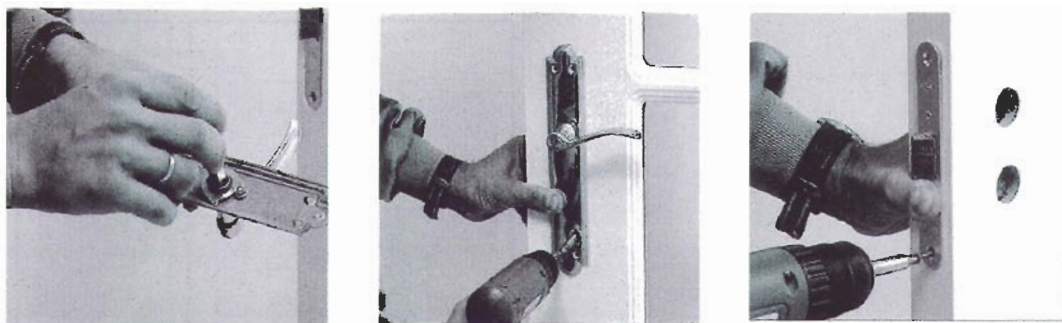
### **Picaportes y cerraderos**

El picaporte es una parte de la cerradura que acciona un cerrojo biselado, llamado resbalón, al liberar el muelle que lo comprime, lo introduce en una caja practicada en el cerco. Se libera la hoja de la puerta por la acción de la manivela que presiona el muelle. El picaporte, normalmente con forma de petaca, dispone de un orificio cuadrado por donde pasa el vástago o cuadradillo de la manivela.

El resbalón puede ser universal (simple), o llevar incorporado condena y cerradura







en un mismo bloque.

Muchas veces se emplea resbalón vulgarmente para referirse al picaporte y a éste para referirse a la cerradura.

El cerradero o escudo es la pieza metálica que se coloca en el cerco para que penetre el picaporte y el cerrojo (en su caso) sin dañar la madera. La hoja debe disponer de huecos distintos para el picaporte y el cerrojo.

El hueco o mortaja en el cerco se realiza con fresadora si se realiza en fábrica o con formón si se realiza in situ y se protege con el escudo.

Algunos carpinteros ofrecen como valor añadido a sus puertas, cerraduras completas que el usuario tiene la libertad y la posibilidad de incorporar en el futuro (condena, cerradura, etc.)

Otro valor añadido a los herrajes de cierre son los amaestramientos: llaves maestras que en una sola unidad centralizan todas las llaves relacionadas con la vivienda.

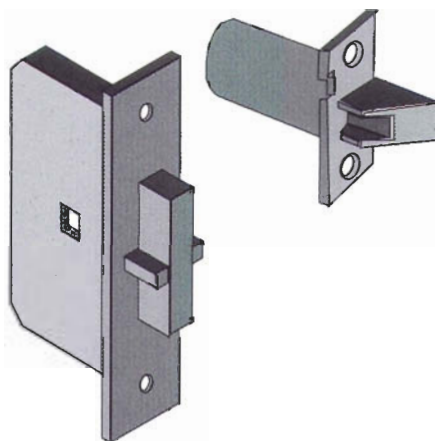
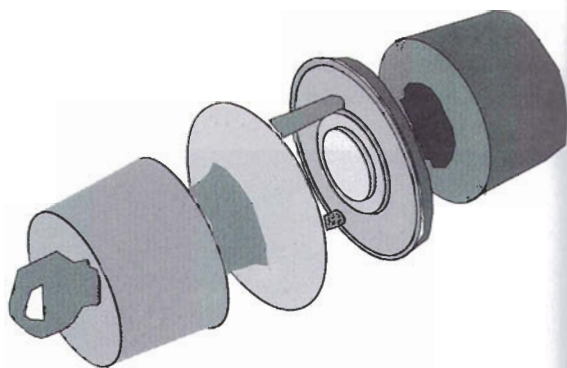
### Cerraduras de pomo

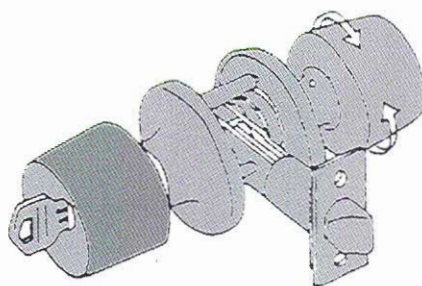
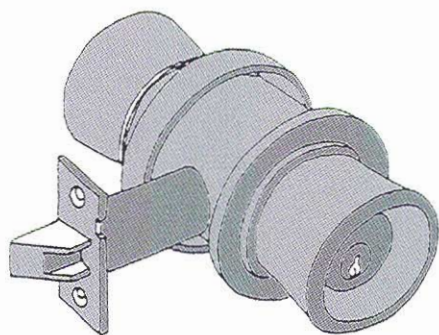
Constan de un cuerpo central cilíndrico rígido (unidad de cierre) que une dos pomos situados en ambas caras de la puerta. En uno de los lados de este cuerpo se encuentra el cerrojo con resbalón y cerradura. Este cuerpo se remata por un lado con la cerradura y por el otro con un portaescudos interior que se fija con tornillos de anclaje. Por la cara de la puerta se protege con dos portaescudos exteriores regulables a rosca para adaptar la cerradura al exterior de la puerta. La separación entre escudos

exteriores varía entre 33 y 51 cm, el espesor normal de una puerta. El cilindro puede ser normal o de alta seguridad y es recambiable por pérdida de la llave, o por amaestramiento. El picaporte se acciona a través de un tubo o de una pieza de media caña.

En las puertas de entrada la cerradura puede ser de tres tipos:

- Un cilindro exterior y muletilla o pestillo





interior (el picaporte se acciona por ambos pomos excepto cuando la muletilla está girada, que bloquea el pomo exterior).

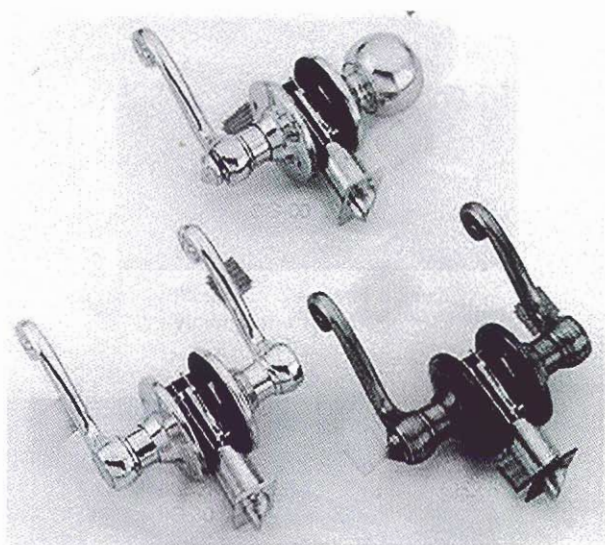
- Un pomo fijo con cilindro al exterior y pomo libre al interior (el picaporte se acciona con llave por el exterior y con el pomo por el interior). El pomo exterior está siempre fijo.

- Un cilindro exterior y pulsador en el interior. El picaporte se acciona por ambos pomos, excepto cuando el pulsador está presionado, que bloquea el pomo exterior y se necesita la llave. No se puede cerrar con la llave pero sí abrir, pues la llave desbloquea la condena.

En las puertas de dormitorio y baño y en patios y terrazas son de pomo con dispositivo de emergencia al exterior y pulsador al interior. Girando con una moneda o introduciendo un punzón o un clavo se elimina la condena interior y se puede abrir la puerta. Al cerrar la puerta se desbloquea la condena.

En puertas de paso los pomos son libres a ambos lados. El picaporte actúa libremente, accionando por ambos pomos.

Para hoteles, portales, aulas y comercios existen variantes de diseño especial.

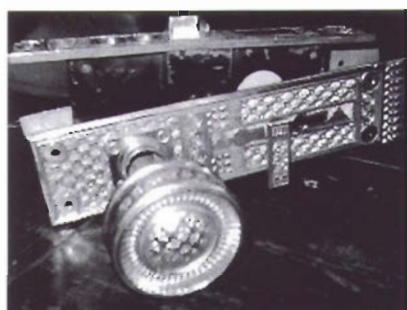


## Manillas, manivelas o pomos

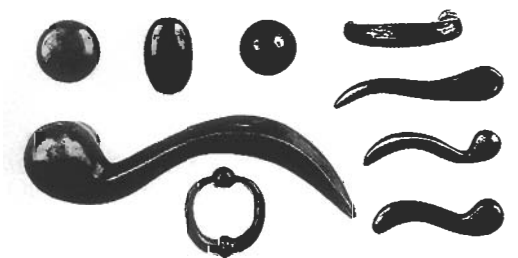
Son piezas funcionales y decorativas que accionan el picaporte, por medio de un perfil cuadrado de hierro (cuadradillo) con orificios espaciados o topes que la acunñan. Se acoplan entre sí atravesando el orificio de las cerraduras.

El pomo es una variante de la manilla, de forma cilíndrica o troncocónica





Manillas del siglo XVIII



Manillas siglo XIX







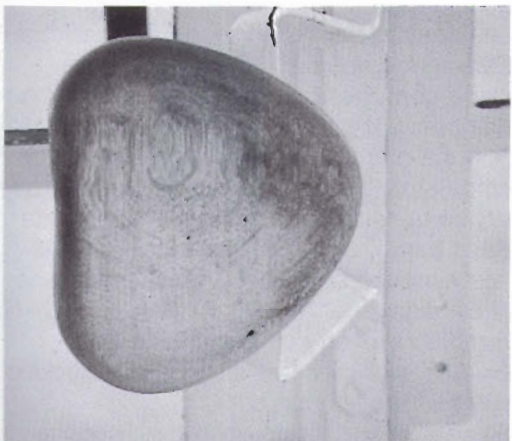
Pomo y manilla clásicos de finales del siglo XIX



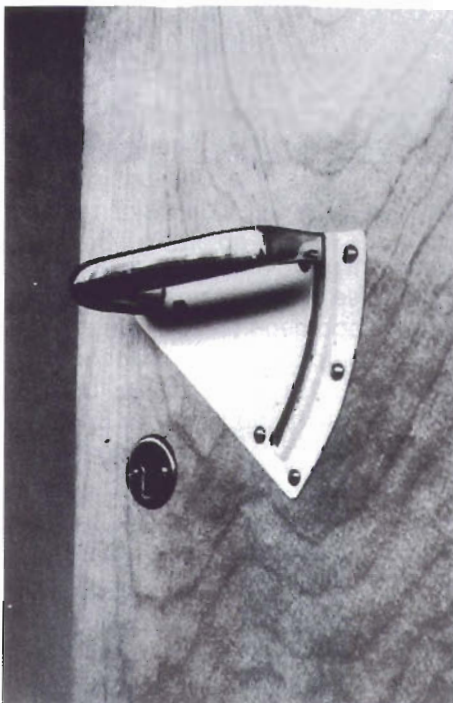
Manilla clásica de los años 50



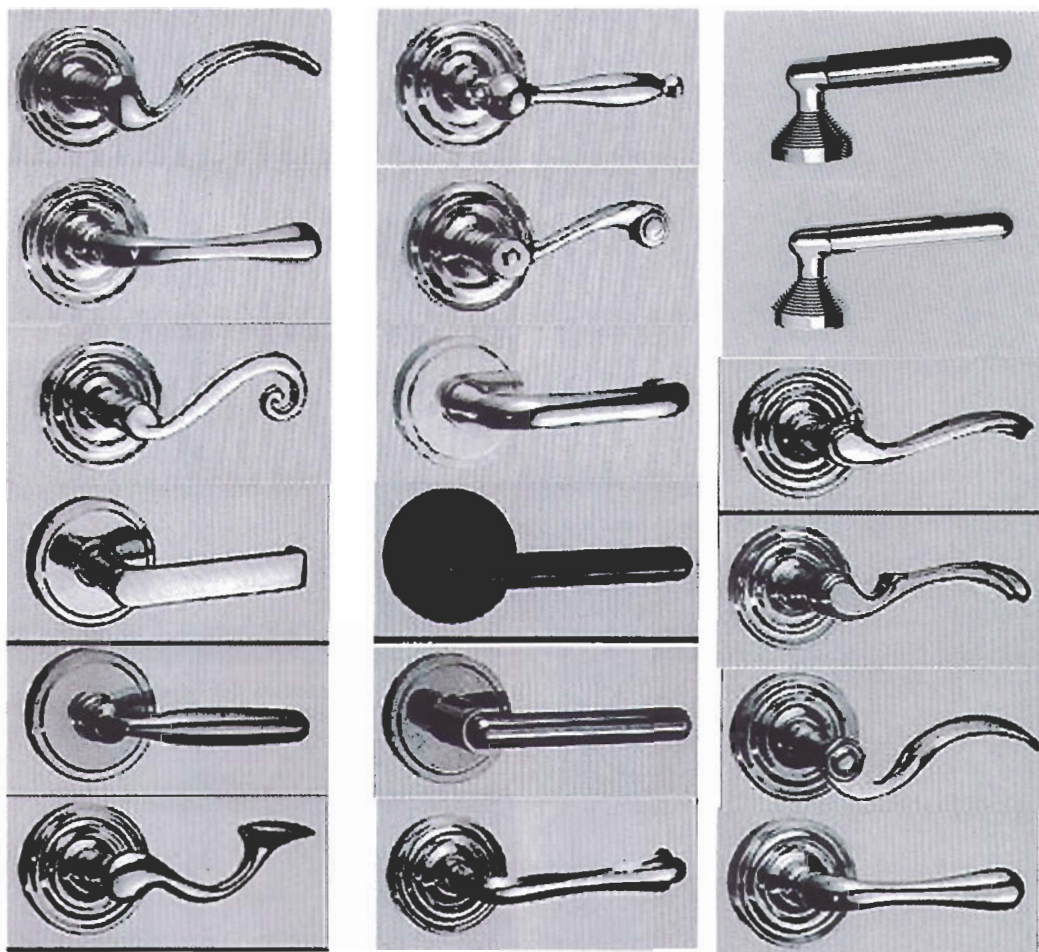
Picaporte del Hotel Solvay.  
Victor Horta (1895)



Tirador diseñado por Miguel Fisac



Manilla de Alvar Aalto. Sanatorio de Otaniemi



### Manillas contemporáneas

Para evitar ensuciar la hoja con la acción de la manilla se interpone una placa entre ésta y el vástago denominado escudo. Tradicionalmente se han fabricado con latón o bronce. En la década de 1950 se realizan de aleación de aluminio. En los 70 aparecen las manivelas de nylon y en los 90 de vidrio.

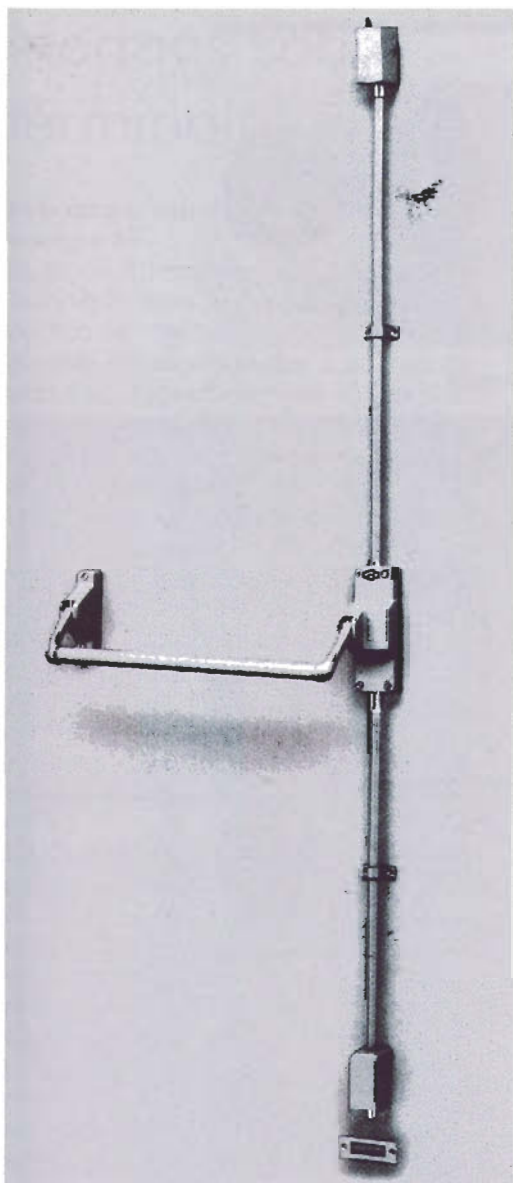
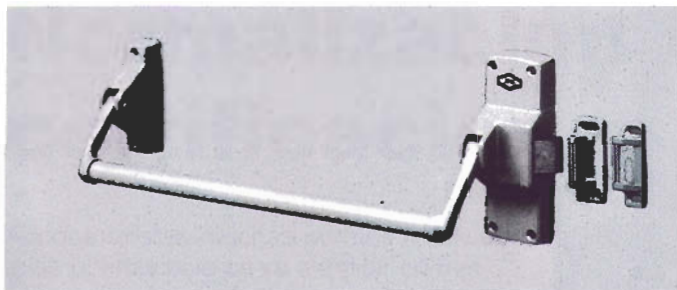
## Cerraduras antipánico

Es un mecanismo especial de cierre para ser instalado en puertas de paso y emer-

gencia que tiene como función asegurar una apertura rápida en caso de necesidad. Está constituida por un mecanismo de cierre compuesto por un pestillo lateral o dos pestillos para el bloqueo alto-bajo, y por una barra horizontal (o un soporte de empuje) que atraviesa toda la anchura de la puerta. Una presión en cualquier parte de la barra posibilita la apertura instantánea aunque esté cerrada con llave desde el exterior.

También existen con cerraduras para embutir, con mecanismo para desbloqueo y antipánico en una cara.

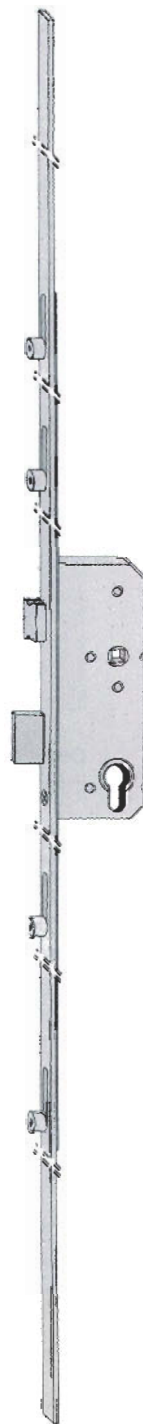
Se utiliza en edificios escolares, hospitales, oficinas, edificios religiosos, teatros,



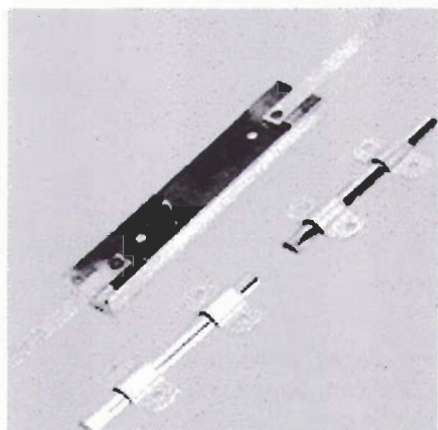
cines, discotecas, salas de reunión, edificios deportivos, inmuebles de gran altura, fábricas y locales con peligro de explosión, inundación e incendio y también en edificios de viviendas.

## Fallebas

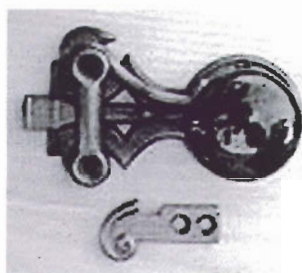
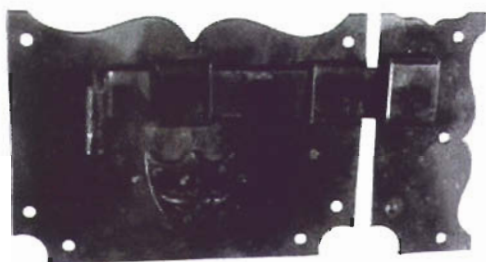
Se trata de un cierre multipuntos. Consta de una varilla de hierro acodada en sus dos extremos y sujeta por medio de anillos a la hoja de la puerta asegurándola al cerco. La manilla acciona un resbalón a través del cuadrado como en un picaporte convencional pero al girar la manilla hacia arriba se produce un movimiento de expansión: una serie de bulones se desplazan a su posición de cierre arriba y abajo y se pueden bloquear en esa posición por medio del cilindro a llave. Un cilindro también convencional bloquea la posición del pestillo. Es un herraje similar al empleado en ventanas. En puertas de paso no se usa falleba, la cual funciona mal por su excesiva longitud. Cuando es necesario, se usan picaportes con resbalón y dos







Pasadores y pestillos antiguos



Aldaba

pestillos de canto (uno superior y otro inferior).

## Pasadores

Son cerrojos manuales que se emplean para asegurar e inmovilizar hojas de puertas.

También se denominan así las varillas metálicas que sirven de eje para el movimiento de bisagras y pernios y pueden completarse con arandelas. A veces se confunde con el cerrojo de barra horizontal, pestillos o fechillos.

## Otros herrajes

Tiradores, manillones, aldabas, escudos, mirillas, escuadras, compases, muelles, frenos retenedores, topes y clavos de adorno son complementos importantes de la puerta a nivel decorativo y práctico pero no se analizan en este libro.





## Clasificación por aspecto:

### Por la existencia de huecos:

- puerta vidriera.

### Por el acabado de sus caras

- *puerta para barnizar*, aquella en la que se recomienda su barnizado.
- *puerta para pintar*, aquella en la que se recomienda su pintado. Un ejemplo claro sería una puerta plana con paramentos de tableros de fibra.
- *puerta revestida*, aquella cuyos paramentos están recubiertos por una material distinto de la madera. Un ejemplo sería una puerta plana con un paramento de tablero de partículas recubierto de melamina.

### Por la forma del canto de la hoja

- *puerta enrasada o renvalsada*, aquella en la que todo el canto de la hoja queda alojado dentro del galce del cerco, de tal forma que la cara de ésta queda enrasada con la cara del cerco.
- *puerta solapada* aquella en la que el canto de la hoja tiene un resalto (galce de la hoja) que solapa sobre el cerco.
- puerta resaltada o falsamente solapada.
- *puerta engargolada o emboquillada*, aquella en la que todo el perímetro de la hoja se recubre con un perfil en C (este perfil puede quedar al borde o sobresalir pudiendo ser entonces enrasada o resaltada).

### Por la apariencia del canto

- *de canto oculto* aquella en la que la chapa exterior del paramento cubre el canto superpuesto.
- *de canto visto* aquella en la que la chapa exterior del paramento no cubre el canto superpuesto.

### Por su ubicación

- *puerta de interior* aquella que separa distintos locales interiores de un local o vivienda.
- *puerta de entrada a piso* aquella que

separa una vivienda o propiedad de los espacios comunes interiores del edificio.

- *puerta exterior* aquella que separa una vivienda o local del exterior.

## Clasificación funcional:

### Por la forma de apertura o maniobrabilidad

- *de apertura ordinaria o abatible* aquella (de una o varias hojas rígidas) con apertura en un sólo sentido, por rotación alrededor de un eje vertical situado en uno de los largueros.

Puede ser de apertura a derechas o a izquierdas, según gire en el sentido de las agujas del reloj o en dirección contraria.

- *de vaivén* aquella (de una o varias hojas rígidas) de apertura en cualquier sentido por rotación alrededor de un eje vertical situado en uno de los largueros.
- *corredera* aquella (de una o varias hojas rígidas) de apertura por traslación horizontal en su plano. Pueden ir entre tabiques o adosadas a tabiques o muros.
- *plegable* aquella (de dos o más hojas rígidas) de apertura por plegado.

### Partes

El término puerta se emplea genéricamente pero incluye los siguientes componentes:

- *precerco o premarco*<sup>1</sup> (que puede no existir): perfil de madera que sirve de soporte al cerco y de plantilla para el hueco, en obra.
- *cerco*: es la parte fija en la obra, sobre la que se sujetan los mecanismos que permiten el movimiento de la hoja. Consta de dos largueros y un testero. La unión del cerco a la obra puede ser directa o por medio del precerco.
- *hoja*: es la parte móvil de la puerta, que permite franquear el umbral.
- *galce*: es el rebaje practicado en el perfil del cerco destinado a recibir y servir

<sup>1</sup>Cerco y marco se usan indistintamente, sin embargo hay que resaltar que el marco tiene fines exclusivamente decorativos. En ese sentido los tapajuntas formarían un marco



de tope a la hoja de la puerta.

- tapajuntas: son las piezas generalmente molduradas, que tienen por objeto cubrir la unión entre la carpintería y la obra.

- herrajes: elementos normalmente metálicos que permiten la maniobrabilidad de la hoja. Pueden ser de movimiento (pernios) y de cierre (cerraduras).

No se incluyen en este texto las llamadas puertas industriales para naves, las de garage, ni las de frente de armario.

## Normas relativas al fuego

### Una breve introducción histórica

En España no ha existido una legislación obligatoria en la construcción civil respecto a las condiciones de comportamiento al fuego hasta 1981.

Aunque la madera en esos años apenas se empleaba en construcción, predominando el ladrillo, el hormigón y la piedra, se empezaban a utilizar determinados productos como los tableros contrachapados y de partículas. Por este motivo la legislación referente al fuego no ha seguido en nuestro país las mismas

líneas de exigencia de otros países europeos.

No sucede lo mismo en la construcción naval que sí tenía una reglamentación oficial desde 1966<sup>2</sup>.

En aquellos años las compañías aseguradoras, agrupadas en el Sindicato Nacional del Seguro, aplicaban unas normas que, aunque sin carácter oficial, producían una indudable repercusión en el momento de elegir los materiales de una obra<sup>3</sup> calificaban a la madera con un recargo del 200% respecto a los materiales convencionales.

Hasta la aparición de la norma de obligado cumplimiento CPI en 1981 funcionaban diversos códigos y reglamentos privados que se aplicaban de manera preventiva<sup>4</sup>.

### La norma tecnológica NTE de instalaciones de protección contra el fuego

Las NTE ejercieron, como es sabido, una amplia y beneficiosa influencia en la calidad de la construcción. Hasta la aparición de la CPI 91 se funcionó en las obras con las NTE. El Ministerio de la Vivienda publicó en 1974<sup>5</sup> las Normas Tecnológicas de protección contra el fuego en edificios de menos de 20 plantas que incluía criterios para fachadas,

<sup>2</sup>BOE de 23-XII-1966

<sup>3</sup>Ya que, en función de éstos, se aplican las primas, que suponen un capítulo importante en los gastos generales de cualquier empresa o de los habitantes de las viviendas.

<sup>4</sup>Por ejemplo el pliego de condiciones del Colegio de Arquitectos de Barcelona vigente en aquella época recomendaba algunos revestimientos:

"para prevenir las maderas de la acción del fuego se ejecutarán en aquellos lugares donde sea de temer, un cepillado fino de las maderas, redondeándose las aristas y revistiéndose con cartón de amianto de ocho milímetros de espesor o con mortero armado con tejido de alambre cerámico.

Podrán así mismo utilizarse protectores que dificultan la inflamación de la madera o que solo permiten su carbonización, tales como el vidrio soluble mezclado con creta o arcilla, óxido cálcico

apagado con una solución de cloruro cálcico o soluciones naturales saturadas de sulfato, fosfato o borato amónico.

Otros de impregnación: "Se admitirán asimismo los procedimientos de impregnación ejecutados, introduciendo la madera bien seca en calderas llenas con lechada de cal, impregnándola a gran presión (procedimientos Moores).

<sup>4</sup>Y otros de pintura: "deberán asimismo protegerse en forma eficaz todos los elementos de importancia, llegándose incluso a utilizar revestimientos alrededor de ellos tales como enrasillados, placas de yeso duro o, finalmente, pintarse con productos ignífugos patentados, de los cuales deberán presentarse muestras acompañadas de certificados de composición y ensayos de garantía al arquitecto-director para su previa aprobación".

<sup>5</sup>BOE 2-3-74

salidas y escaleras. A las puertas se les exigían determinadas resistencias dependiendo del local.

### Ordenanzas municipales

Los ayuntamientos, a través de los cuerpos de bomberos responsables de esta materia, adoptaron progresivamente las NTE relativas al fuego. El primero fue el Ayuntamiento de Barcelona que aprobó el 30 de septiembre de 1974 considerar de obligado cumplimiento las NTE.IPF/1974<sup>6</sup>. En las escaleras de las EVO (viviendas y oficinas) las puertas de paso del rellano a planta se exigía que fuesen RF30 con cierre automático, apertura manual por ambos lados y estancas al humo. Prácticamente las construcciones de madera se limitaban a los interiores y se admitían en accesos cuando su resistencia al fuego alcanzase los 30 minutos. Este tiempo sólo lo superaban las puertas de más de 35 mm de espesor hechas con madera maciza densa, por ejemplo, roble. También se podía conseguir esa resistencia mediante tratamiento ignífugo o con la inclusión de materiales incombustibles.

### La Norma Básica de 1981 y las puertas de madera

Tras pasar el periodo de información pública, la Norma Básica de la edificación de protección de incendios se aprueba en 1981. En ella se indica que a las puertas se les exige que sean elementos cortafuegos un mínimo de 30 minutos (caso de edificios unifamiliares) y un

<sup>6</sup>La nueva Ordenanza clasifica los materiales en incombustibles y combustibles (los cuales se dividen de M-1 a M-5). Las M-4 y M-5 se excluyen de los edificios, a excepción de la madera. Los elementos resistentes se clasifican en estables al fuego (conservan las propiedades mecánicas un cierto tiempo) y retardadores al fuego (cumplen su función sin que aparezca llama en la cara contraria) y se excluyen los M-3, M-4 y M-5, es decir, la madera queda excluida como elemento estructural.

Las puertas de vías de circulación deben ser RF30, las de los sótanos RF60, las de locales de calderas EF/RF120.

máximo de 240 minutos (caso especial de edificios de más de 50 m y sólo en determinados lugares).

Gracias a las propiedades de la madera frente a otros materiales, los industriales de la madera se dieron cuenta de que estas puertas iban a tener una gran importancia en el mercado.

Las puertas y otros elementos de cierre practicable contenidos en un sector de incendios -según NBE CPI.81- deben ofrecer determinados tiempos de resistencia en función de la resistencia que tenga dicho elemento de separación.

Resistencia al fuego (en minutos)	De la puerta
Del elemento de separación	
240	90
180	60
120	60
90	30
60	30
30	30

La norma resaltaba que en las puertas es más peligroso que pasasen las llamas que el calor porque detrás de ella no suele haber nada inflamable, es decir, es preferible que sean Parallamas a cortafuegos.

### Reediciones de la Norma Básica de la Edificación "Condiciones de protección contra incendios en los edificios."

La norma aparece en el R.D. 2059/1981 de 10 de abril y recibe sucesivas adaptaciones en 1981, 1991, 1993 y 1996.

### Actualización de la NBE CPI en 1996

La Norma Básica de Edificación NBE-CPI/96 aprobada por Real Decreto 2177/1.996, de 4 de Octubre, supone una actualización de la NBE-CPI/91, y refunde en un único texto todas las modificaciones realizadas sobre dicha Norma en los últimos años.

Básicamente su objeto es establecer las condiciones de los edificios para la protección y seguridad de las personas

frente a los incendios Establece en su parte general prescripciones aplicables a todo tipo de edificios, así como, las condiciones particulares que además, deben de cumplir los edificios y establecimientos destinados a uso de vivienda, hospitalario administrativo, etc.

Consta de 5 capítulos y 3 apéndices que tratan de: Resistencia al fuego de elementos constructivos, Accesibilidad y entorno de los edificios y Normas UNE citadas.

Al ser de obligado cumplimiento ha de quedar reflejado en el proyecto.

El diseño general del edificio debe garantizar el confinamiento y control de un incendio y facilitar la evacuación de los ocupantes, sistemas de evacuación, número y dispositivo de salidas, disposición de las escaleras y aparatos elevadores y su dimensionamiento.

El edificio se compartimenta en sectores de incendio a modo de barreras o elementos estancos con el fin de controlar la evolución del incendio.

En la Norma se establecen los límites de resistencia al fuego de los elementos constructivos de dichos sectores.

Respecto al comportamiento ante el fuego de los elementos constructivos y materiales, dirigido a garantizar la estabilidad del edificio y a limitar el desarrollo del incendio, se define el comportamiento de las materiales ante el fuego para posteriormente fijar las condiciones exigibles a los mismos. Por otro lado establece las exigencias de estabilidad al fuego de las estructuras y la resistencia al fuego de los elementos constructivos: cubiertas, medianeras, fachadas, puertas, etc.

En relación a las puertas la CPI mantiene la filosofía de las anteriores ediciones y establece:

### **Puertas de paso entre sectores de incendio**

Las puertas de paso entre dos sectores de incendio tendrán una resistencia al fuego al menos igual a la mitad de la exigida al elemento que separa ambos sectores de incendio, o bien a la cuarta

parte de la misma cuando el paso se realice a través de un vestíbulo previo.

### **Puertas de paso a pasillos protegidos, a escaleras protegidas y a escaleras especialmente protegidas.**

Las puertas de paso a un pasillo protegido o a una escalera protegida serán RF-60, como mínimo. Las puertas de paso a una escalera especialmente protegida desde su vestíbulo previo serán PF-30, como mínimo, y las restantes puertas de dicho vestíbulo serán RF-30, como mínimo.

### **Puertas de paso a locales o zonas de riesgo especial**

Las puertas de paso a un local o a una zona de riesgo especial serán RF-60, como mínimo. Cuando dicho paso se realice desde un vestíbulo previo serán RF-30, como mínimo, al igual que las restantes puertas del vestíbulo previo.

### **Sistemas de cierre**

Las puertas resistentes al fuego o parallamas deben estar provistas de un sistema que las cierre automáticamente tras su apertura, el cual puede actuar permanentemente o sólo en caso de incendio.

Las puertas cuyo sistema de cierre actúa permanentemente pueden estar dotadas de un mecanismo para mantenerlas abiertas; en tal caso la acción de dicho mecanismo debe anularse de forma automática cuando se produzca un incendio, bien por la acción directa del mismo, o bien cuando reciba una señal desde un sistema de detección y debe permanecer anulada, al menos, mientras duren el incendio o la señal. Estas puertas deben poder liberarse manualmente de la acción de dicho mecanismo.

### **Uso Residencial**

En los establecimientos cuya superficie construida sea mayor que 400 m<sup>2</sup> las puertas de las habitaciones destinadas a alojamiento serán, como mínimo, RF-30.



# Normativa sobre dimensiones

La Federación Europea de Carpintería (FEMIB) impulsó desde los años 60 la armonización de las puertas a nivel europeo con cuatro objetivos :

- Uniformidad de medidas
- requerimientos de calidad únicos para Europa
- homologación de los laboratorios de ensayo
- marca de calidad única

A pesar de los esfuerzos realizados desde los organismos normalizadores no fue posible lograr una equivalencia total ante el enfrentamiento entre países netamente compradores como Francia o Alemania, y exportadores, como Italia y Portugal.

Lo que durante unos años fue motivo de barrera comercial, dejó de serlo gracias a los sistemas de fabricación de control numérico, que permite una libertad total y la fabricación just in time.

La normalización se buscaba como medida para favorecer la serialización y el stockaje, precios más bajos de fabricación y adaptación a la Coordinación Modular Internacional que definió la trama de 10 por 10 cm las dimensiones de las huecos de ventanas y puertas<sup>7</sup> En alturas Portugal, por ejemplo, marca 2 metros, España 2,03, Bélgica 2,15 y el Reino Unido 1,988 (resultado de la conversión de sus medidas al sistema métrico).

A finales de los años 60 en España existía una gran dispersión de medidas y las recomendaciones de la FEMIB influyeron

<sup>7</sup> Las discrepancias más importante se daban en los gruesos, desde 34 a 37 mm para puertas de interior y 42 para entrada a piso. El grueso estándar de 40 mm empezó a ser progresivamente adoptado por todas las normas europeas después de que la FEMIB la adoptase como recomendable. En España en los años 70 era de 40-45 mm, Portugal, Inglaterra y España, 35 mm y el resto 40 mm.

En Francia la modulación estándar es de 830, cuartos de baño (630 mm), puertas de interior (730 mm) y 930 (excepcional). La altura es de 2,04 metros.

en la adopción de medidas similares en nuestro país, aunque no se escogió la misma gama de medidas de otros países, dificultándose así el comercio internacional en aquella época. A pesar de no pertenecer a la CEE, España fue adaptando sus normas a los métodos europeos. En enero de 1969, a propuesta de la Asociación Nacional de Fabricantes y de su presidente, Eusebio González de la Iglesia, AITIM recomendó medidas únicas en puertas y ventanas con consultas al Consejo Superior de Arquitectos. IRANOR publicó en 1976 la norma UNE 56 821: 75 "Medidas de las dimensiones y los defectos de escuadría de las hojas de las puertas" cuyo texto coincide con el de la norma europea EN 25, adoptada por el CEN en 1974 con carácter de norma nacional en Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Holanda, Irlanda, Italia, Noruega, Portugal, Reino Unido, Suecia y Suiza.

El Ministerio de la Vivienda por su parte aprobó mediante la Orden del 24 de noviembre de 1976 unas normas técnicas de diseño y calidad de las viviendas sociales donde fijaba el ancho de las hojas de puerta, en mayores o iguales a:

- 825 mm para acceso a vivienda
- 725 mm para puertas de interior y
- 625 mm para cuartos de aseo

Las puertas planas debían además poseer la Marca de Calidad del Ministerio de Industria, con grueso igual o mayor de 40 mm en acceso y 35 mm en interiores. Estas dos disposiciones forzaron definitivamente la adopción de estas medidas por parte de la industria.

En efecto, la Marca de Calidad, creada por el Decreto 2714/1971 del Ministerio de Industria en 1972 como se verá más adelante, describía en su articulado las dimensiones de las puertas:

- largos: 2110 mm, 2030 mm y 1910 mm
- Anchos: 825 mm, 725 mm y 625 mm
- Gruesos: 35 mm para interiores y 40 mm para entrada a piso y exteriores

La normalización de las dimensiones fue un elemento determinante para la indus-



tría ya que permitió la fabricación a stock con la consiguiente automatización de las operaciones y la posibilidad de mantener una regularidad en la calidad.

La normalización permitió un mejor diseño y mejoró la calidad del producto.

## Certificación de las puertas planas

### Sello de calidad AITIM

El primer sello de calidad fue el de AITIM (primitivamente llamado IFA). Se creó el 27 de octubre de 1967 junto con otros dos sellos (tableros aglomerados y contrachapados)<sup>9</sup>.

El Sello de calidad influyó en el diseño de las puertas y exigió desde el principio que la certificación se aplicara a toda la producción, no a modelos concretos. De esta manera los fabricantes se veían

obligados a ensayar cada nuevo modelo que sacaban al mercado.

Desde 1984 se impuso a las empresas, junto a los ensayos externos, un sistema de autocontrol en fábrica. La implantación se hizo paulatinamente para equiparar el sello a las exigencias de la Marca de calidad del MINER (de la que se hablará más adelante) y para homologar los sellos en el Ministerio de Obras Públicas ya que ambos distintivos otorgaban preferencia en las obras de promoción pública.

A finales de los años 70 había 40 empresas de puertas planas certificadas y en 1985, 67 (lo que representaba el 80% de la producción nacional). En 1991 se concedió el sello nº 100 para este producto. Desde entonces el sello de calidad de puertas planas se ralentizó a la vez que creció notablemente el de puertas carpinteras y plafonadas en paralelo a lo que estaba produciéndose en la realidad industrial.

En 1985 comenzó la adaptación y armonización a las nuevas normas europeas lo que se hizo en transición paulatina para adaptar a las empresas a los cambios de fabricación que implicaban.

Cuando a mediados de los 90 se traspasaron los primeros sellos AITIM a la Marca AENOR se acercaron progresivamente las condiciones del sello a la marca AENOR. Primero implantando el mismo tipo de autocontrol y después imponiendo unos procedimientos de calidad similares a la norma ISO 9000. Se trataba de esta manera de seguir certificando a empresas que difícilmente podrían alcanzar los niveles de la Marca N.

AITIM ha seguido haciendo esta acercamiento progresivo de su sello de calidad a la marca AENOR.

### La Marca de Calidad del Ministerio de Industria

En 1967 el Comité del Sello de Calidad AITIM solicitó al Ministerio de la Vivienda que sus sellos tuvieran una cierta prioridad en las obras oficiales. La petición fue

<sup>9</sup>Formaban parte del Comité del Sello, junto a empresarios y técnicos de AITIM, el Instituto Eduardo Torroja, el Consejo Superior de Arquitectos y la Escuela de Ingenieros de Montes. En 1968 se concedieron los primeros 6 sellos: a C. y A. de la Madera Norma, Vilarrasa Sicra, I. M. Sabaté, Marga, la Compañía de Maderas y Peninsular Maderera. Sólo uno, el primero, sigue existiendo en la actualidad.

atendida y la Marca de Calidad fue creada finalmente, pero en otro ministerio, el de Industria, por el Decreto 2714/1971 en el cual se reconoce a AITIM como organismo de inspección y control. En 1972 se aprobó la instrucción que regulaba la marca y el 23 de mayo de 1972 se constituyó el Comité de la Marca dentro de AITIM, quedando automáticamente reconocidos los diez titulares del Sello que existían en ese momento. La marca añadía al sello la incorporación de un sistema de autocontrol del fabricante.

Estas disposiciones, que obligaban a que las puertas tuvieran la Marca en vivienda social y las inspecciones del INCE en este sentido, despertaron el interés de los fabricantes y entre los arquitectos.

En el articulado de la Marca se caracterizaban todos los elementos de la puerta plana: alma (llena, alveolada y alistonada), paramento, canto, recerco, refuerzo de cerradura, cerco, etc. Se establecía la siguiente clasificación por aspecto: de chapas finas, de caras vistas, para pintar o recubrir, impresa, revestida y vidriera.

Las dimensiones se fijaban en altura: 2110 mm, 203 mm y 1910 mm; anchura: 825 mm, 725 mm y 625 mm; grosor: 35 mm para interiores y 40 mm para entrada a piso y exteriores.

Los materiales -madera, chapas, tableros contrachapados, tableros de partículas y de fibras- se sometían a especificaciones técnicas.

La *Instrucción* establecía pautas de fabricación para determinados elementos: cantos, testero inferior, refuerzo de cerradura y lijado de las caras.

La exigencia de la marca de calidad empezó a decaer a finales de los años 70, pero mientras duró, fue un magnífico instrumento de ordenación del mercado y de educación de la oferta y la demanda. Se incluyó automáticamente en todos los pliegos de condiciones de los arquitectos donde ha continuado casi hasta ahora. La marca de calidad cesó en 1985.

### **Homologaciones del Ministerio de Obras Públicas (1978 a 1985)**

El sello de calidad AITIM de puertas planas fue homologado por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo desde los años 1978 a 1985 por lo que gozaba de prioridad en las obras oficiales. Anualmente aparecía en el BOE la relación de titulares de sellos. A partir de 1985 el Ministerio empezó a exigir el autocontrol en fábrica. Se barajó la posibilidad de que los laboratorios del INCE pudieran facilitar el autocontrol o los ensayos del sello sin que se llegara a realizar. En 1986 el ministerio dejó esta homologación por las dificultades y plazos para el establecimiento del autocontrol y ante la aparición de AENOR, cuyos Sellos ya incorporaban este requisito.

### **La marca AENOR de hojas de puerta**

AENOR se creó en 1986 pero la certificación de puertas no se comenzó hasta 1995. Hasta ese momento se desarrolló una difícil negociación a tres bandas: fabricantes, AITIM y AENOR. Se trataba de compaginar los intereses de todas las partes en el nuevo escenario.

Los años 1986 y 1987 se realizaron reuniones de contacto para estudiar el traspaso de sellos y establecer la secretaría del comité, que recayó finalmente en AITIM quedando constituido el CTC 008, que se ocuparía de la certificación de hojas de puertas, sin distinción entre planas y carpinteras.

La nueva marca añadía como novedad a los ensayos de conformidad a normas UNE y a la exigencia de autocontrol del fabricante, la implantación de un sistema de aseguramiento de la calidad en la propia fábrica de acuerdo con ISO 9002.

En los años 90 el Ministerio de Industria promocionó la implantación de estos sistemas de aseguramiento de la calidad a través de subvenciones a las empresas, potenciando indirectamente así la incorporación a la marca N de AENOR. Estas ayudas se prolongaron durante unos tres



años y propiciaron el paso de un reducido grupo de fabricantes a la marca.

El salto a la marca de AENOR se produjo a principios en 1995 y los que lo hicieron en aquel momento dispusieron de condiciones más ventajosas.

El CTC 008 de AENOR «Hojas de Puerta» ha certificado hasta ahora a una docena larga de fabricantes, y unos 2.000 modelos.

Otra novedad de interés fue la distinción de certificación entre puerta y hoja y la separación entre productos certificados y no-certificados.

## Certificación de las puertas carpinteras

La certificación de estas puertas se pudo acometer muy pronto gracias al aprovechamiento de las normas dimensionales y de calidad de las puertas planas. Aunque a diferencia de éstas, que funcionaban como un bloque, las carpinteras trabajaban peor a flexión y presentaban problemas de hinchazón cuando los tableros aglomerados bajaban de calidad. Desde sus comienzos, se vio que el futuro de esta puerta debería ir ligado, como en el resto de Europa, a la puerta bloque o unidad completa.

### Sello de Calidad AITIM

En 1977 se creó en AITIM el Sello de Calidad para Puertas de Carpintería<sup>9</sup>. En esos momentos eran una auténtica novedad las puertas hechas a base de madera y tableros con paramentos que combinaban superficies decorativas planas y molduras. Para el establecimiento del Sello se aprovecharon algunos proyectos de Norma UNE: PrUNE 56 826-76 Definición y medidas; PrUNE 56 827-76 Materiales y PrUNE 56 828-76 Ensayos físicos de las puertas, etc.

<sup>9</sup> Se concedió a la empresa Puertas Luvipol, S.A.



Ante el rápido avance en el mercado y la feroz competencia, la mayoría de las empresas españolas de este producto se vieron obligadas a acreditar su calidad, solicitando primero el Sello de Calidad AITIM, y desde mediados de los 90, la marca N de AENOR. En el primer grupo hay hoy casi 60 y en el segundo no se pasa de la docena. Los propios fabricantes adoptaron la calidad como factor de competitividad en el mercado.

### Homologaciones del Ministerio de Obras Públicas (1978 a 1985)

El Sello de calidad AITIM para puertas carpinteras, siguió las mismas vicisitudes del de puertas planas (ver apartado correspondiente).

### Certificaciones AENOR

El procedimiento seguido fue el mismo de las puertas planas (ver apartado correspondiente)

### Certificación de la unidad de hueco de puerta

En los últimos años al irse generalizado en nuestro país la Unidad de Hueco de puerta se recibieron solicitudes para la creación de este sello, la cual se produce en 1994 aunque los dos primeros sellos se conceden en 1995 gracias a que el Comité Europeo de Normalización había decidido desarrollar las normas correspondientes. Una vez que existió un texto consolidado



que definiera los ensayos a que tenían que someterse a las unidades de puerta, se diseñaron y construyeron las máquinas y elementos de laboratorio que permitieron realizar esos ensayos.

Fijados los límites de especificación ya se completó el círculo: normas, laboratorio y tipos de ensayos, comprobándose que la unidad de hueco española en el mercado, superaba los niveles esperados.

### La directiva de productos de la construcción

El Consejo de la Comunidades Europeas adoptó en diciembre de 1988 la Directiva 68/106 con disposiciones legales sobre productos de la construcción. El CEN recibió el mandato de elaborar o armonizar normas comunes sobre estos productos. Esto puso en marcha una serie de comités europeos de normalización, muchos de los cuales ya trabajaban desde tiempo atrás como era el caso del CEN/TC 33 de Puertas y Ventanas, uno de cuyos subcomités se ocupaba de ensayos especiales (puertas blindadas, aislamiento térmico y acústico, resistencia y comportamiento al fuego, etc.)

### La marca CE

En el diario oficial de la CCEE del 14.06.95 se publicaron (95/204/CE) los requisitos para la certificación de conformidad de las puertas que se comercialicen en la UE. Se establecía que, al igual que otros productos, tenían que seguir uno de los siguientes sistemas de certificación:

1. Cuando el uso previsto es compartimentación contra incendio se exigirá certificación de conformidad realizado por un organismo autorizado sobre la base de:
  - a) por parte del fabricante:
    - control de producción en fábrica
    - ensayos complementarios de muestras tomadas en fábrica
  - b) por parte del organismo certificador autorizado:
    - ensayo inicial del tipo
    - inspección inicial de la fábrica
    - vigilancia, evaluación y autorización permanentes del control de la producción

Todo esto referido a las siguientes características:

- resistencia al fuego (integridad y aislamiento)
- estanqueidad al paso del humo
- cierre automático
- aptitud para liberar (herrajes)

2. Cuando su uso es cualquier otro (es decir, la mayoría de las puertas y ventanas) el sistema de certificación será la declaración de conformidad del fabricante sobre la base de:

- un ensayo inicial del tipo por laboratorio autorizado
- un control de producción de la fábrica



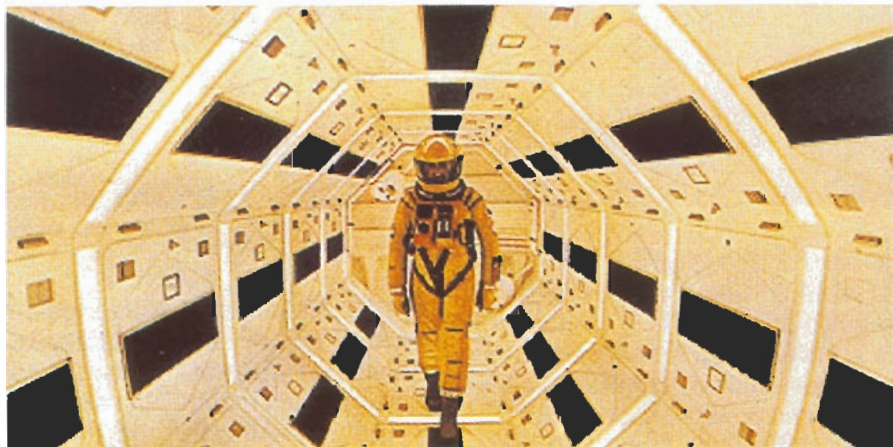
# ventanas

"La grandeza y misterio del mundo se sienten mucho más (recordemos nuestra niñez) al lado de una ventana pequeña, que nos permite centrar nuestra atención y percibir como en un relámpago de asombro el más allá"

Eladio Dieste 1996



# La ventana como elemento arquitectónico



Fotograma de la película 2001 Una Odisea Espacial, de Stanley Kubrick

En el lenguaje corriente la ventana se entiende como un elemento de carpintería compuesto por un bastidor y un acristalamiento a través del cual entra la luz pero inicialmente la ventana era un hueco que se tapaba. Sólo más adelante con el desarrollo del vidrio fue un hueco 'acristalado'.

Pero la ventana también se utiliza para ventilar y para proporcionar una cierta visión del exterior.

De su correcta elección, diseño y puesta en obra, dependen en gran medida su respuesta a las inclemencias atmosféricas (viento, agua, polvo, etc), sus niveles de aislamiento térmico y acústico y el ahorro energético de la climatización interior.

La historia de la ventana en la Arquitectura es una historia sencilla pero interesante que avanza en paralelo al desarrollo tecnológico de los materiales y de la construcción.

## La ventana como elemento arquitectónico

La ventana, como hueco en fachada u otro alzado, plantea una relación con la

parte maciza del edificio en sus aspectos geométricos, de materiales, formales y estilísticos que siempre se han aprovechado en la composición arquitectónica. A esto se refiere Humberto Eco cuando dice

"Cuando veo una ventana en la fachada de una casa, en general no pienso en su función; pienso en un significado-ventana que se basa en la función pero en el que la función ha quedado absorbida hasta el punto de que puedo olvidarla y mirar la ventana en relación a las otras, como elementos de un ritmo arquitectónico; de la misma manera que se lee una poesía sin cuidar del significado de las palabras, y fijando la atención solamente en el juego formal del acercamiento contextual de los significantes. Hasta el punto de que un arquitecto puede elaborar ventanas falsas, cuya función no existe, y tales ventanas (que denotan una función que no funciona pero que comunica) funcionan como ventanas en el contexto arquitectónico y se perciben desde el punto de vista comunicativo (y en la medida en que el mensaje pone en evidencia su función estética) como ventanas".<sup>1</sup>

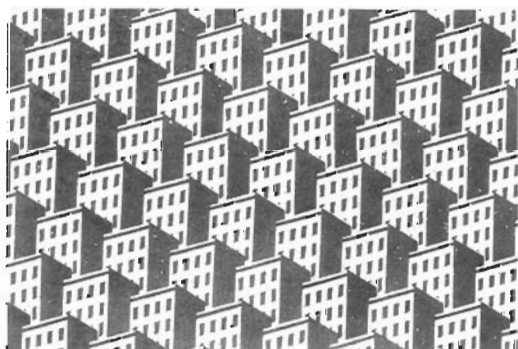
<sup>1</sup>Humberto Eco. La estructura ausente



Es decir, junto al hueco propiamente dicho, la ventana tiene una gran influencia en el lenguaje arquitectónico, fundamentalmente a través de su forma, partición interior, marcos, repisas, cornisas, vierteaguas o capirotos, antepechos, rejas, asientos adosados, etc., toda una serie de elementos que se adaptan a los cambiantes estilos arquitectónicos. En el aspecto constructivo, la ventana hace cuerpo con la fábrica y en caso de deformación del edificio (asientos, inclinaciones de los muros) debe poder adaptarse y repararse en caso de deterioro. Finalmente debe facilitar o al menos considerar las posibilidades de decoración interior permitiendo el uso de contraventanas, persianas, cortinas, visillos, stores, etc.

### El uso de la luz

El arquitecto, aunque no logre controlar la luz totalmente, puede predecir su comportamiento y su acción dentro del edifi-



### Hagia Sofía en Estambul

cio. La puede canalizar a través de sus huecos, abriéndola a sus espacios, superficies y planos, buscando su contraste con la sombra y la oscuridad. El hueco y la ventana ocupan un lugar preponderante en el manejo de la luz. La luz puede ser absorbida, reflejada o cualificada en su intensidad. Los cristales y otros materiales transparentes pueden transformar su color e intensidad, como ocurre en las vidrieras góticas, donde se utiliza como signo de una efusión espiritual<sup>2</sup>.

Finalmente la luz puede utilizarse con fines 'teatrales' como ocurre en Hagia

<sup>2</sup>Así lo sugiere la definición que el obispo Suger da de la catedral medieval en el *Liber de administratione sua gestis*, del siglo XII, donde se dice que la luz que penetra a raudales por las ventanas de las angostas naves (la estructura de los muros permite dar a la luz una vía de acceso amplia) para representar la efusión de la energía creadora de Dios, en línea con los textos neoplatónicos y de la luz como semejanza con la participación de la esencia divina.



Fachada de adobe y ventanas de celosía en Mali



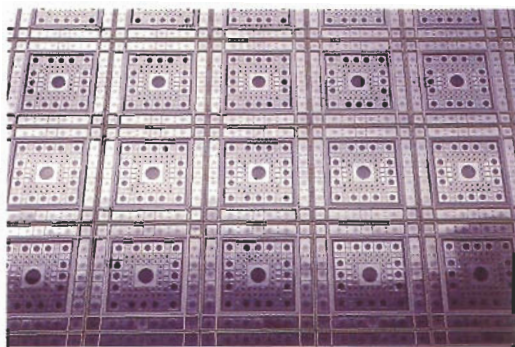


Casa de Philip Johnson en Connecticut (1949)

Sofía (Estambul) o la iglesia de los Dominicos de Alcobendas de Fisac donde el corte de la luz busca la suspensión de la cubierta separada del muro.

La ventana como frontera entre el interior y el exterior pone ambos mundos en comunicación desde sus extremos de total transparencia hasta la opacidad casi absoluta, ofreciendo muchos *términos medios* a la 'piel' del edificio. Ejemplos paradigmáticos serían la casa de Philip Johnson en Connecticut (1949) o algunos de los edificios herméticos de Tadao Ando.

Otro ejemplo interesante son las variadas celosías que tamizan la luz. Desde las cabañas nativas en las selvas tropicales sudamericanas y del sudeste asiático formadas por tramas vegetales, hasta las celosías de adobe y piedra de Malí y Yemen o de madera en el Magreb y



Ventanal del Instituto Árabe de París (Jean Nouvel)

Arabia, pasando por los vidrios 'diafragmados' del Instituto Árabe de París (Jean Nouvel) o la iluminación cenital de las oficinas Johnson de Frank Lloyd Wright.

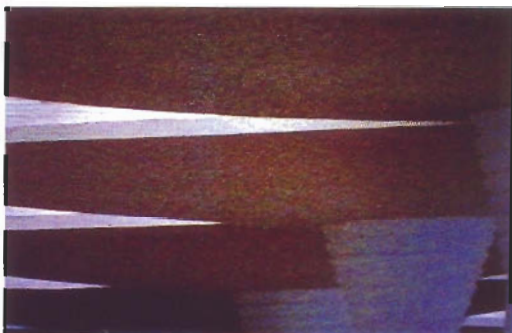
En la arquitectura tradicional, la casa árabe es maestra en el tamizado de la luz y de las vistas. En El Quijote se muestra el asombro por sus diferencias con las ventanas occidentales:

"Digo, pues, que encima del patio de nuestra prisión caían las ventanas de la casa de un moro rico y principal, las cuales, como de ordinario son las de los moros, más eran agujeros que ventanas y que éstas se cubrían con celosías muy espesas y apretadas."

Esta concepción de la ventana no busca sólo defenderse de los rigores atmosféricos sino también proteger la intimidad a la mujer, como lo exige la religión musulmana. Aspecto que también recoge el



Cristalera que remata el muro en la iglesia de los Dominicos de Alcobendas (M. Fisac, 1955)



Lucernarios en las Oficinas Johnson de Frank Lloyd Wright



siguiente texto del escritor egipcio Naguib Mahfuz:

“Mientras se envolvía en el velo pareció sentirse apremiada y se dirigió hacia la puerta de celosía, la abrió y penetró por ella. Luego se detuvo ante la reja cerrada y volvió repetidamente el rostro a derecha e izquierda, lanzando miradas a la calle a través de las pequeñas aberturas redondeadas de los postigos. La celosía estaba situada frente a la fuente de Bayn el Qasrayn”.<sup>3</sup>

### **La ventana como elemento simbólico**

La ventana, en efecto, como elemento fundamental de la fachada expresa el carácter de la casa y de sus habitantes.

“Mirad bien estas casas: todas tienen ventanas; pero entre todas habrá una con una ventana pequeña, misteriosa, que hará que vuestro corazón se oprima un momento con una inquietud indefinible...Yo no sé lo que tiene esta pequeña ventana: si hablará de dolores, de sollozos y de lágrimas, tal vez al concretarla, no expresaría mi emoción con exactitud; porque el misterio de estas ventanas está en algo vago, algo latente, algo como un presentimiento o como un recuerdo de no sabemos qué cosas...”

<sup>3</sup>Entre dos palacios. Naguib Mahfuz

Yo he visto en mi niñez muchas fotografías, con pequeñas ventanas, de pueblos que jamás he visitado, y al verlas he sentido esta extraña inquietud de que el poeta Baudelaire también hablaba.”<sup>4</sup>

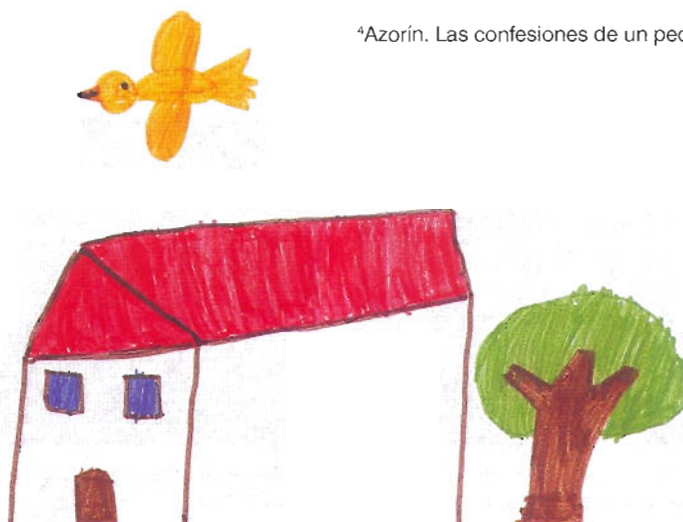
Se ha resaltado muchas veces cómo en los dibujos infantiles la casa se representa como una cara, donde las ventanas son los ojos. El término fachada en inglés y francés, face, façade, indican la palabra cara (humana o del edificio).

A un nivel más plástico, la ventana forma desde el interior de la casa un marco que subdivide el campo visual -y dinámica- las imágenes y el paisaje varían mientras el marco permanece fijo, creando como un cuadro viviente. De noche éste se transforma en un espejo que refleja las imágenes del interior superpuestas a las sombras y luces exteriores: desde dentro la ventana ilumina el exterior. En las ventanas hay un elemento abstracto transformado en real y viceversa.

Otro campo de gran interés simbólico es el sentido onírico de la ventana, de la que se ocupó Freud asignándole, como casi siempre, valores sexuales. Más tarde Bachelard se ocupó con más profundidad del antropomorfismo de la casa y el cuerpo y la mente.

Dice Freud en la interpretación de los sueños:

<sup>4</sup>Azorín. Las confesiones de un pequeño filósofo



"ya conocemos el símbolo habitación, que, desarrollándose, da a las ventanas y accesos de la misma, la significación de los orificios del cuerpo humano. La habitación abierta y la habitación cerrada forman parte del mismo simbolismo, y la llave es incontestablemente un símbolo masculino". Más adelante, "Examinando estas fuentes una tras otra descubrimos en ellas un tal paralelismo con el símbolo onírico que nuestras interpretaciones adquieren en este examen comparativo, una gran certidumbre. El cuerpo humano, hemos dicho, se halla con frecuencia representado, según Scherner, por el símbolo de la casa, el cual, al desarrollarse, se extiende a las ventanas y puertas, convirtiéndolas en representaciones de los accesos a las cavidades del cuerpo, y a las fachadas, lisas o provistas de salientes o balcones que pueden servir de asidero.

Este simbolismo aparece igualmente en el lenguaje vulgar pues solemos saludar a nuestros antiguos amigos con el apelativo de 'altas Haus' (vieja casa), o para indicar que alguien se halla un poco trastornado decimos que tiene desalquilado el piso de arriba".<sup>5</sup>

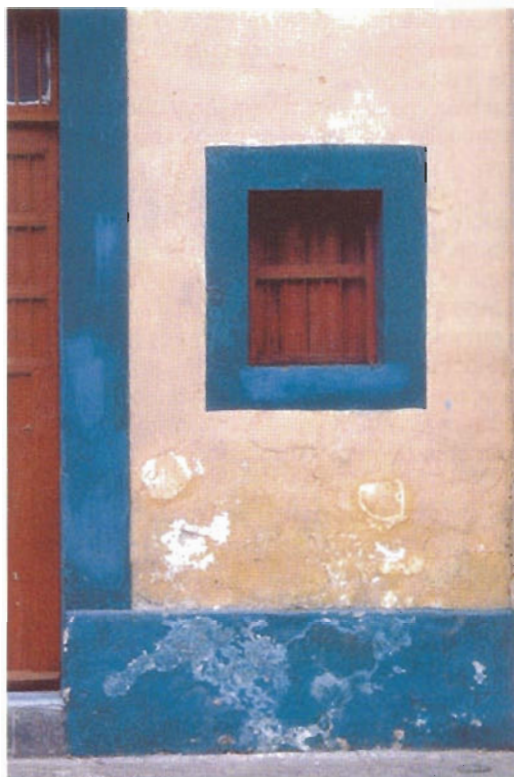
Por otro lado Freud hace en otro libro hace un interesante análisis del origen de la palabra madera<sup>6</sup>.

### **Cercanía vivencial de la ventana**

Antiguamente, y principalmente en la cultura rural, se daba una gran proximidad entre el usuario y su casa. Ésta se arreglaba y mantenía continuamente cuando algo se estropeaba o se acercaba

<sup>5</sup>Sigmund Freud. Introducción al psicoanálisis-capítulo dedicado a los sueños. Y más adelante añade "Cuando en un sueño utilizamos los salientes de las casas como asidero, tenemos que ver en esto una reminiscencia de la conocidísima reflexión que la gente del pueblo formula al encontrar a una mujer de senos muy desarrollados: 'Esta mujer tiene donde agarrarse'. En la misma circunstancia, la gente del pueblo suele decir: 'Esta mujer tiene mucha madera delante de su casa, como si quisiera confirmar nuestra interpretación que ve en la madera un símbolo femenino y materno.

<sup>6</sup> "Sólo invocando en nuestra ayuda a la Filología comparada podremos hallar la razón que ha convertido el concepto madera en símbolo femenino y materno. Nuestra palabra alemana Holz (madera)



el invierno o el verano. Hoy en día la falta de tiempo y la complejidad técnica hacen esto imposible. El siguiente diálogo del Doctor Zivago muestra la cercanía entre usuario y la ventana.

"¿Ha puesto masilla en las ventanas?- preguntó el preparador.

- No- dijo Yuri Adréievich, sin dejar de escribir.

- ¿porqué? Ya es tiempo.

- No hay masilla.

tendría la misma raíz que la griega que significa materia o materia prima. Pero sucede con frecuencia que una palabra genérica acabe por designar un objeto particular. Así, existe en el Atlántico una isla llamada Madeira, nombre debido a los extensos bosques que la poblaban al ser descubierta por los navegantes portugueses. Ahora bien: madeira significa en portugués, madera, palabra derivada de la latina materia, que significa materia en general, y es a su vez un derivado de mater (madre). La materia de que una cosa está hecha es la parte que de sí misma debe a la aportación materna, antigua concepción que se perpetúa en el uso simbólico de madera por mujer y madre" (Sigmund Freud. Introducción al psicoanálisis)

Habrá que hacerla. Yo tengo aquí la receta. -Y le cont  cómo fabricaba la masilla, con aceite de linaza y yeso.

Se retir  hacia la otra ventana y comenzó a manipular sus frascos y preparados. Anoche-c a.

(.../...) La estancia se iluminó más. Las ventan-  
nas, cuyas rendijas Yuri Andr ievich, siguien-  
do las instrucciones del preparador, había  
tapado con masilla, empezaron a lagrimear. El  
c ldido y graso olor de la masilla llenó el aire  
como en una oleada. Pero el olor fue domina-  
do por el de las astillas que se secaban junto  
a la estufa: el olor amargo y áspero de la  
corteza de abedul, y el del  lamo verde que  
ol a como un agua de tocador.<sup>7</sup>

### Elementos ornamentales

Para ornamentar, remarcar u ocultar las  
ventanas se emplean diversos elementos  
arquitectónicos yuxtapuestos o super-  
puestos.

Los marcos son molduras de distintos  
materiales que bordean el hueco para  
darle más superficie aparente, volumen o  
resalte en fachada. En la arquitectura  
occidental el material más noble para los  
marcos es siempre la piedra, empleándose  
la madera (pintada) como sucedáneo  
o en sustitución de ésta.

Los marcos pueden ser lisos o



moldurados, con bocelos, con motivos  
geométricos, vegetales o puramente  
arquitectónicos (pilastras, columnas o  
jambas estriadas).

Los *marcos* de oreja surgen desde el siglo  
XVII y se forman con una línea que se  
quiebra en las cuatro esquinas. Su origen  
parece escurialense pero parece tomado  
de Bramante.

Los *frontones*, que en realidad son vierte-  
aguas, pueden ser triangulares (clásico y  
neoclásico), semicirculares (manierismo y  
barroco), de medio punto o rebajados  
(plateresco).

Las rejas, de origen árabe y de implanta-  
ción andaluza, pueden ser enrasadas o en  
voladizo, para lo que se requiere la crea-  
ción de un antepecho y una cornisa en  
ménsula.

Los antepechos dan un juego compositivo  
que es necesario utilizar cuando los forja-  
dos son altos y el hueco se 'perdería' en la  
fachada. En la arquitectura tradicional se  
divide en elementos menores formando  
recuadros que van labrados o lisos. Estos  
cojinetes se labran con motivos  
geométricos, rectángulos, cuadrados,  
rombos... La decoración vegetal es más  
propia del siglo XVIII, rosetas, hojas, flores.  
El antepecho más simple es el liso con una  
moldura que enmarca el paño.

Los balaustres, que se usan poco en los  
antepechos y pueden ser torneados,  
planos y cuadrados y son muy populares  
en la mitad norte de la península ibérica y  
Canarias. Son auténticos falsos balcones  
adosados a la pared.

Cuando los forjados son altos y los muros  
gruesos, la ventana proporciona un rincón  
de trabajo o conversación con asientos  
que se rematan con tablazón y se cubren  
con cojines. Es una tradición francesa del  
siglo XII que pasa a España a través de la  
arquitectura civil gótica y renacentista. Se  
conoce en algunos lugares como 'ventana  
de asiento'. En climas más benignos la  
forma es inversa y sale hacia fuera creando  
un balcón.

<sup>7</sup> Boris Pasternak El doctor Zhivago



# Evolución histórica de la ventana



Termas de Caracalla

## La ventana en la Edad antigua

La necesidad de iluminar/ventilar llevó a las arquitecturas primitivas a perforar los muros y a taparlos con elementos opacos o con celosías en climas más benignos. Pero así como la puerta ha sido siempre un elemento imprescindible en la construcción por razones funcionales y de seguridad, la ventana es el resultado de una mayor depuración arquitectónica y está fuertemente ligada a la aparición del vidrio.

### La ventana en Mesopotamia

Los arqueólogos coinciden en ubicar en Mesopotamia la primera civilización conocida.

Durante el Neolítico, en el Asia menor (en torno al siglo LX a. de C.) se desarrollaron, por razones de seguridad, poblados de casas pegadas entre sí de manera que se circulaba por los techos y se entraba a las viviendas por tragaluces que servían también de iluminación y ventilación.

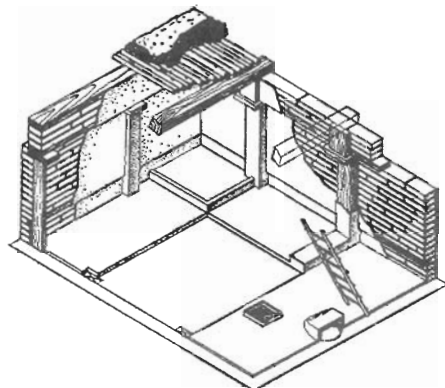
Puerta y ventana se identifican.

Complementariamente aparecen unas pequeñas ventanas altas (o troneras) en los muros altos, solución que se repite en

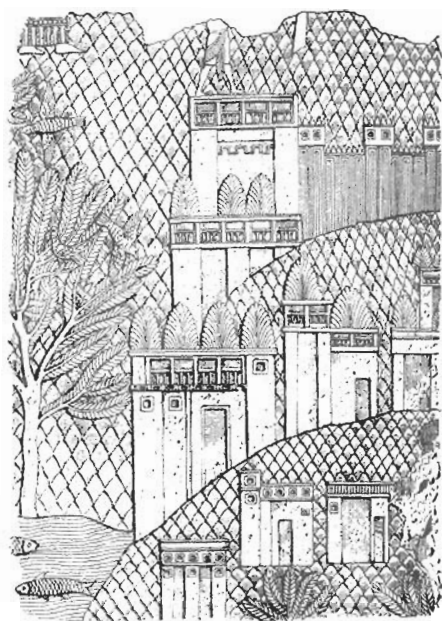
los templos de la época mesobabilónica (hacia 1535 a. de C.) como el palacio de Kurigalzu.

Las viviendas de la Baja Mesopotamia -lo que conocemos como Babilonia- se construyen con entramado de madera y relleno de adobe y son de una sola planta alargada con una abertura baja y estrecha que sirve de puerta, ventana y chimenea en uno de sus extremos.

Otra tipología es la de bóvedas parabólicas formadas por haces de caña



Vivienda en Katal Huyuk (alrededor de 6000 a. de C.)



### Viviendas fenicias

con abertura en el muro piñón que también hace de puerta y ventana. Con los hititas (1420-1200 a. de C.) la arquitectura mesopotámica cambia. Aparecen por primera vez abundantes huecos exteriores, no meros tragaluces como los babilónicos, sino verdaderas ventanas de alféizar bajo.

La arquitectura fenicia (una de los pueblos más civilizadores) es revolucionaria. Sus casas eran más altas que las de Roma (según testimonia Estrabón) y muchas de ellas estaban cubiertas con terrazas llenas de plantas colgantes y balconeras. Eran expertos en edificación con piedra y madera como bien relata la Biblia (el Templo de Salomón fue dirigido por maestros fenicios, súbditos de Hiram de Tiro en torno al siglo X a. de C.). La iluminación interior se conseguía con clerestorios (ventanas abocinadas colocadas en la cubierta o en muros altos). Incluso a nivel iconográfico, la ventana se emplea frecuentemente en relieves fenicios como elemento decorativo con la figura de una mujer asomada a la



### Clerestorios egipcios

ventana, sobre una barandilla con balaustres.

### La ventana egipcia

La ventana egipcia de los templos es el clerestorio, como el utilizado en el Templo de Amón (1349-1197 a. de C.) como hueco en lo alto de los muros interiores levantados por encima de la fachada para poder iluminar las estancias interiores. Este mismo sistema se empleaba a veces en las viviendas. Gracias a las ilustraciones de la arquitectura funeraria de la ciudad de la corte de Akhenaton, Tell el-Amarna, sabemos efectivamente de estas ventanas altas que no dejaban pasar directamente la luz del sol y actúan como ventilación.

### La ventana romana

Las viviendas griegas no tenían ventanas, como tampoco las etruscas ni las romanas primitivas y sólo empiezan a aparecer





### Ventanas en Pompeya

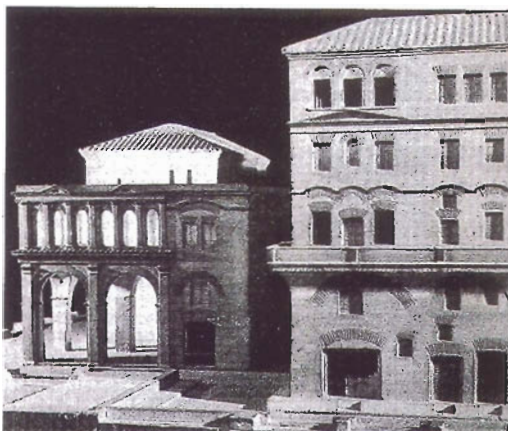
con la fundación de Roma. Hasta ese momento la gente vivía en una especie de cabañas parecidas a las chozas árabes sin otra abertura que la puerta.

La Urbe comienza a ser tal cuando aparecen los grandes edificios públicos (baños, foro, circo, etc.), los servicios de alcantarillado y agua corriente a domicilio (aunque ésta no llega más que a algunos privilegiados) y se vive dentro de un recinto amurallado que garantiza la seguridad.

Los romanos también emplearon clerestorios en las bóvedas, con forma semicircular, donde introducen por primera vez el vidrio. Se colocan especialmente en las termas (Tepidarium de los Baños de Diocleciano del siglo III d. de C., Palacio de Diocleciano en Spalato (Croacia, etc.) tenían un bastidor de bronce y paneles de vidrio (según leemos en las *Epístolas* y *La Providencia* de Séneca).

El vidrio soplado se producía en la península itálica y se empleaba para copas y vasos y estaban al alcance de la mayoría, pero sólo los ricos lo utilizaban en las ventanas e invernaderos (como atestigua Marcial) porque requerían una elaboración mucho más costosa.

En las viviendas populares en altura en ciudades como Roma o Ostia (considerada la primera colonia romana por ser el



### Reconstrucción idealizada de la ciudad de Ostia

puerto comercial de la Urbe), las ventanas son meros huecos que se cierran con postigos de entablado de madera o con enrejados de piedra (claustro o grilla de piedra con barras verticales), metal o terracota. Frecuentemente son articulados.

En algunos lugares se utilizaban minerales como el ágata, la mica, el ónix o el alabastro para el cierre (como parece deducirse de las villas y edificios de Pompeya y Herculano) que daban una luz tenue, si estaban bien pulidas, y actuaban como acumuladores de calor aclimatando de paso las casas (ya los griegos utilizaban la orientación solar como único medio para combatir el frío).

Por todo lo dicho las casas romanas eran inhóspitas, tenían el mismo frío -o calor- dentro que fuera, y sólo se podía combatir con ropas de abrigo y braseros.

Las 'viviendas unifamiliares' de la época, la domus y la insula, tenían pocas ventanas al exterior. La mayoría se abrían al patio central o atrium, o al peristilo que disponían de un cierto 'microclima' que atemperaba el salto térmico exterior. Para los herrajes (tiradores, goznes, rejas) se utilizaba el bronce.



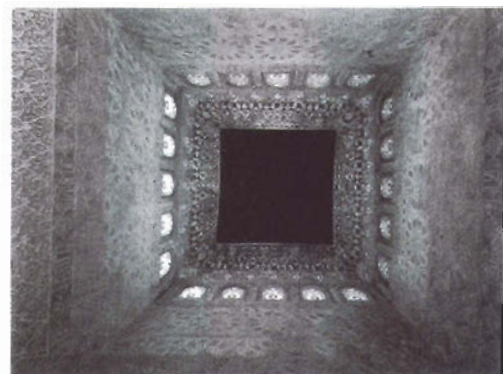
# La ventana en la Edad Media

## La ventana árabe

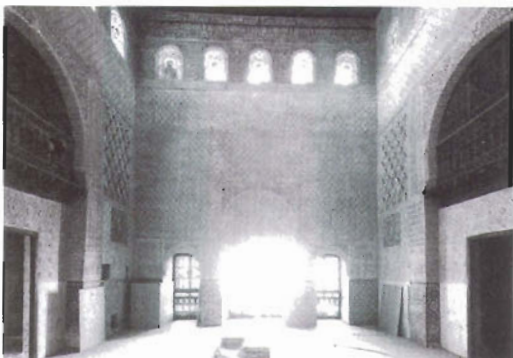
La civilización árabe, pujante durante la Alta Edad Media, produce interesantes ejemplos de ventanas de celosía y clerestorios en la tradición romana.



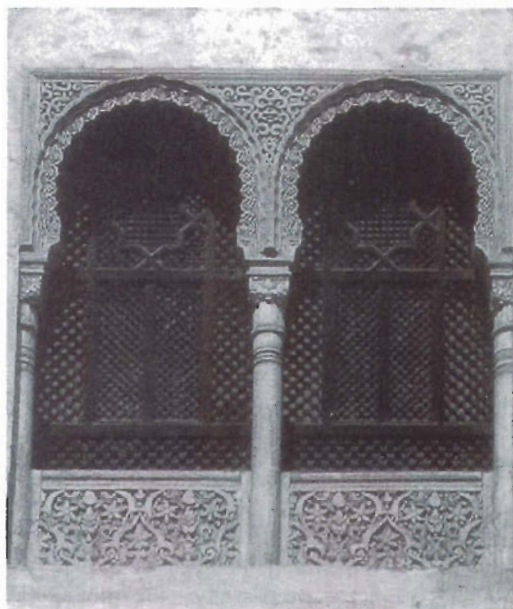
Baños árabes del Bañuelo en Granada (Siglo XI)



Celosías en el Alcázar de Genil (siglo XIV)



Celosía árabe en el Cuartel Real de Sto. Domingo (siglo XIII)



Celosías en la Alhambra(Granada). Siglo XIV

## Las vidrieras de las catedrales

La barbarización de Occidente supone un largo paréntesis en la carpintería, de la misma forma que con la cultura y la tecnología en general. La ciudad se eclipsa y se vuelve al campo. Se derrumba la vida social y hay un repliegue hacia la vida privada. Este retroceso se aprecia también en la arquitectura y las únicas obras destacables son las del poder militar y eclesiástico: fortalezas, abadías y catedrales realizadas en piedra (la 'casa monástica' aparece también investida de un cierto carácter militar).

Los monasterios son un reducto para la cultura y la arquitectura tanto en Oriente como en Occidente.

En algunos monasterios griegos se reintroduce la solución primitiva de un ventanal formado por piezas cerámicas con dibujos geométricos que consiguen moderada iluminación y aislamiento.

En los occidentales en cambio se vuelve poco a poco a utilizar el vidrio en forma



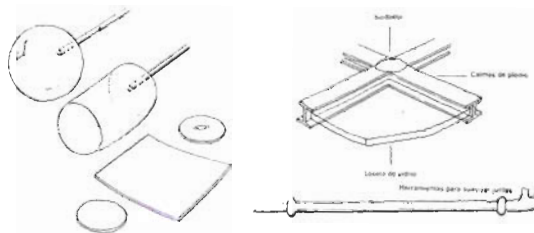
Vidrieras de la catedral de Chartres (siglo XII)

de vidrieras. Esta innovación, paradigma de la Edad Media, se desarrolla fundamentalmente a partir del siglo XII en Francia, aunque existen precedentes en el periodo carolingio alemán (siglos VII a IX). Se extienden las vidrieras de forma fulgurante en las catedrales francesas de transición del románico al gótico: Abadía de Saint Denis (Paris, 1140-1144), Catedral de Chartres, Catedral de Le Mans (1145), Chalons sur Marne (1190). También en Inglaterra aparecen en la misma época (Canterbury). Las vidrieras toman una carácter distinto en cada país: lirismo en las inglesas, virtuosismo pictórico en las francesas y paletas de color muy vivas y atormentadas en las alemanas.

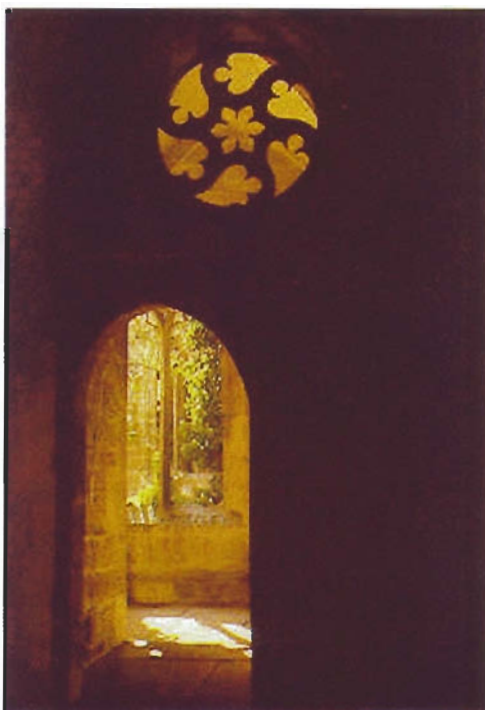
Desde Cluny (1152), los Instituta Generalis Capituli, que reflejan los objetivos fundacionales de la reforma del Cister, proponen que las vidrieras dejen de ser de colores y pasen a ser lisas o blancas (en su título XLIII dicen *Littere unius coloris fiant et nono depicte. Vitree albe fiant et sine crucibus et picturibus*).

En el siglo XIV las vidrieras, por influencia italiana, se preocupan de representar la profundidad espacial y la perspectiva (iglesia de San Francisco de Asís y la iglesia de Königsfelden, Suiza). La moda se extiende por Europa: Rouen, 1325-1339, Evreux, 1330, Viena 1330, Stanford-on-Avon en Inglaterra, 1130-1335.

Las vidrieras en el ámbito religioso se utilizaron en grandes superficies - Chartres, por ejemplo tiene más de 2500 m<sup>2</sup> repartidos en 176 ventanales - con



Las piezas planas de vidrio se obtenían soplando la masa caliente hasta producir una burbuja que después se transforma en cilindro, el cual se corta y se desenrolla (izquierda). A la derecha modo de armarse las vidrieras.



Clerestorio gótico



Catedral de Sallisbury (siglo XII)



fines didácticos, representando escenas de la historia sagrada cristiana pero también buscando emocionar al fiel, acrecentando su fervor.

El movimiento del sol creaba cambios dramáticos en la iluminación interior. Especialmente llamativas eran las puestas de sol ya que al estar las iglesias orientadas al Este, el rosetón colocado sobre la puerta de entrada se convertía en una explosión de color (rojos y azules normalmente) con los últimos rayos del sol. Al oscurecer, la catedral recuperaba su atmósfera de recogimiento y penumbra. Las piezas se confeccionaban con vidrio soplado. El artesano cogía una gota de vidrio fundido con su pipa y soplaba, convirtiéndola en una gran burbuja. Mientras el cristal estaba todavía caliente le daba forma de disco o cilindro que luego cortaba o aplanaba en pequeñas hojas, dejándolas enfriar. De ahí salían dos piezas circulares y una rectangular con las que podían componerse paños enteros. Más adelante se trabaja sólo el disco plano que podía llegar a tener 60 cm de diámetro. Los colores primitivos de la grisalla (vidrio blanco) eran el resultado accidental de las impurezas de la arena con la que estaba hecha. Se empezaron a pintar delicadamente con colores amarillo claro, gris y verde, pero gradualmente se fueron descubriendo elementos químicos que, añadidos a la mezcla fundida, producían vidrio de colores vivos, óxidos metálicos y vidrio molido en la fundición. Esto ocurría en el siglo XIV. Después se desarrolla la abrasión y el pulido del vidrio con lo que se mejora la transparencia. Los vidrieros diseñaban la ventana trazando el plano sobre un banco y después seleccionaban pequeñas piezas de vidrio con forma y color adecuado. Para cortar con la forma deseada se utilizaba una herramienta con una punta en un extremo y una llave en la otra. Se calentaba y se perforaba la línea de corte. Posteriormente, con la llave se hacía saltar la parte sobrante. Era un proceso muy lento que sólo se aceleró al



**Cuadro de Bruegel el viejo donde se aprecian los postigos típicos de las ventanas de la Alta Edad Media**

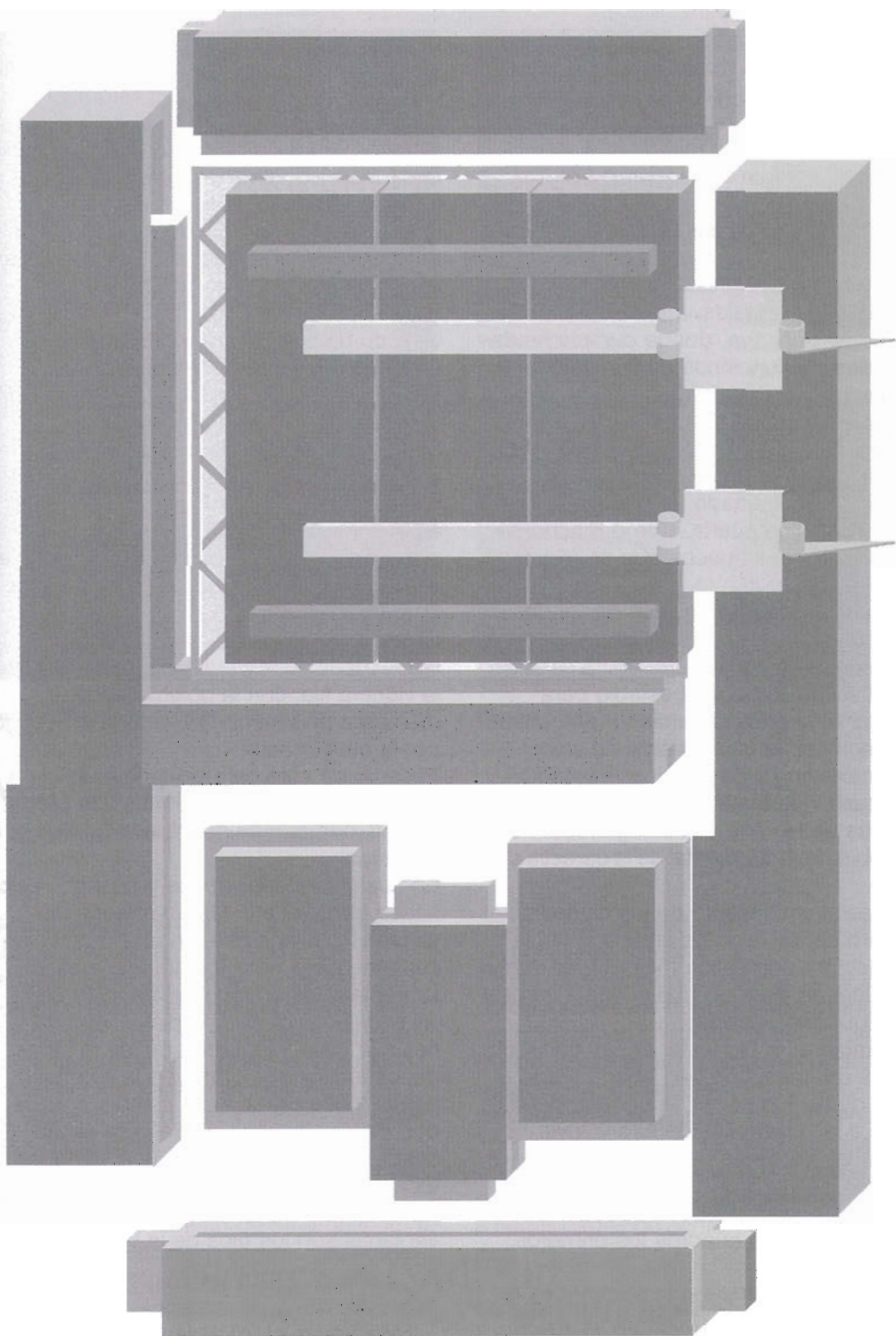
utilizar diamantes.

Las piezas se montaban sobre un banco uniéndolas con un perfil de plomo en doble T llamado 'calma'. Estos perfiles se obtenían a partir de lingotes fundidos sobre un brasero y vertido sobre moldes con la forma adecuada de unos 4 mm de espesor. Para soldar los perfiles se utilizaba la punta de un hierro candente. Las juntas con la obra se



**Anunciación Merode. Roger Van der Weyden. 1438**





División en capas de la ventana medieval: un bastidor de dos cuerpos, la vidriera, el empanelado inferior y el postigo interior. El conjunto se remacha con llantas metálicas.

impermeabilizaban con masilla. Cuando las dimensiones de la vidriera aumentaron, su rigidez requería adosar una estructura auxiliar de varillas metálicas. La unión del conjunto a la obra se realiza mediante puntas que entran en esperas del muro.

### **La vidriera civil de la Edad Media**

Las vidrieras siguen siendo un artículo de lujo, reservado a iglesias y castillos, palacios o catedrales, edificios representativos en definitiva, donde cumple fundamentalmente funciones de iluminación (la ventilación se obtiene gracias a la altura de las estancias).

En la arquitectura civil, las viviendas de la época feudal son muy primitivas: de adobe con entramado de madera, y como único hueco, la puerta. Como mucho se abren pequeños huecos que se cierran con postigos.

También se incorporan rejas de hierro forjado.

La vivienda consta de una única estancia que a veces se pega al establo para mejorar el acondicionamiento; una chimenea mural es la única fuente de calor.

A la inexistencia de ventanas contribuye la escasa vida familiar, las mínimas exigencias de higiene y la inseguridad. Pero el problema fundamental es la carestía del vidrio.

Gracias al crecimiento de las ciudades, al amparo de los recintos amurallados, la arquitectura doméstica mejora y se vuelve a edificar en altura lo que obliga a introducir pequeñas ventanas.

Para mejorar el bienestar en las construcciones urbanas, que han abandonado el estilo de las fortalezas, la primera pantalla frente a las corrientes de aire y lluvia fueron las ventanas de postigos. Algunos pintores, como Bruegel el viejo, e innumerables miniaturas de la época, nos muestran en sus cuadros los primeros ejemplos.

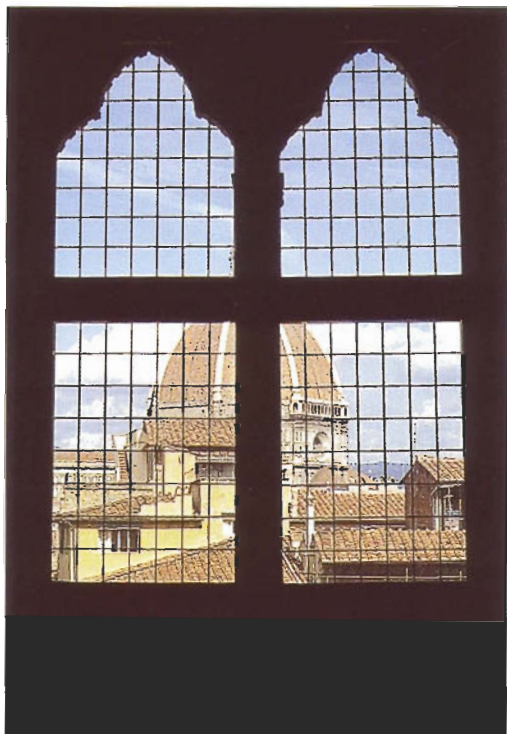
Un avance tecnológico importante es la introducción de cerramientos de papel engrasado o pergamino, fijado con burletes o planchas de hule (lino empapa-

do en aceite de linaza). Los hules eran de color amarillento y para que no aletearan con el viento se fijaban con listones, cruzados de madera al estilo de las vidrieras. En Italia se utilizan las 'finestre impanate', o ventanas enteladas. Se trata de un lienzo de lino tensado sobre un bastidor e impregnado de aceite a fin de mejorar su translucidez. Los primeros ejemplos aparecen en hospitales florentinos de los años 1390-1400. Se trata de una 'solución pobre' que se extiende a lo largo de varios siglos. En el siglo XVI el Quijote hace referencia a este tipo de ventanas: "El cual vivía frontero de la casa de mi padre en la corte; y aunque mi padre tenía las ventanas con lienzos en el invierno y celosías en el verano, yo no sé lo que fue, ni lo que vio, que este caballero que andaba al estudio me vio (D. Quijote de la Mancha, tomo I, cap 43)

No mucho más tarde, pero sólo en las viviendas nobles y palacios, se incorpora la vidriera fija, con la posibilidad de maniobra de una contraventana o postigo por la cara interior.

El cerco de esta hoja vidriada es inicialmente, como en las catedrales, la propia fábrica, a la que se sujeta con perfiles clavados.

En cualquier caso, vidrios y postigos poco hacen frente al frío. Como mejora, las pesadas cortinas ofrecen una protección suplementaria pero igualmente ineficaz. La ventana es un foco de atención de la vivienda en la ciudad medieval. Abierta hacia la calle, resguarda de las miradas de los indiscretos gracias a la eventual pantalla que crean los batientes articulados de los postigos. Por ella se espía, desde ella se observa, en una sociedad todavía muy reservada: la calle es el punto de contacto con los demás y las ventanas son los ojos de la vivienda.



Palazzo Vecchio en Florencia (interior)



Palacio Ducal de Siena, 1478



Palazzo Vecchio. Florencia. Quattrocento



Palacio Medici, 1444



Palacio Rucelai. Leon B. Alberti. 1485

## Ventanas del Renacimiento

### y esplendor de las ventanas vidrieras

Debido a la gran altura de los forjados los huecos son de formas alargadas y rematan en arcos de descarga para no comprometer la estabilidad de los muros. En Italia, el vidrio se producía fundamentalmente en Venecia, hasta el siglo XVIII, en hornos de carbón vegetal.

La ventana renacentista alcanza su cénit en el Valle del Loira (Francia) donde el Renacimiento italiano llega tardíamente gracias a la influencia de Francisco I y Luis XII. Como el resto de su arquitectura, es un híbrido entre medieval, renacentista y manierista (siglos XV y XVI) en una curiosa convivencia con el gótico flamígero. Los *chateaux* de la Touraine del siglo XVI (Blois, Chambord, etc.) y muchas de sus ciudades conservan gran cantidad de

estas ventanas, verdadera Edad de Oro de la ventana de madera.

En las construcciones urbanas de entramado de madera los huecos son rectangulares pero en los *chateaux*, al ser de piedra, pueden tener el dintel abocinado (arco rebajado) con maneles de piedra y flanqueados con bancos laterales en el interior. Los postigos o contraventanas se colocan, como en España, y a diferencia de Italia, en el interior, adecuándose más a necesidades de confort que de seguridad.

#### Las primeras ventanas de madera

La primera ventana renacentista es una hoja móvil con cerco directo sobre la fábrica colgada en pernios clavados. Un





**Ventanas renacentistas francesas en una casa de entramado de madera. En este caso las vidrieras originales se han sustituido por cristales ordinarios. Los maineles son de madera, a diferencia de los edificios nobles.**

cuerpo superior acristalado con postigo y otro inferior opaco. El chásis o cerco está formado por dos montantes verticales y dos o tres travesaños, ensamblados a caja y espiga.

El cerco tiene doble galce (uno para recibir el vitral emplomado y otro interior para la contraventana). El cuerpo inferior opaco, es empanelado de tablas.

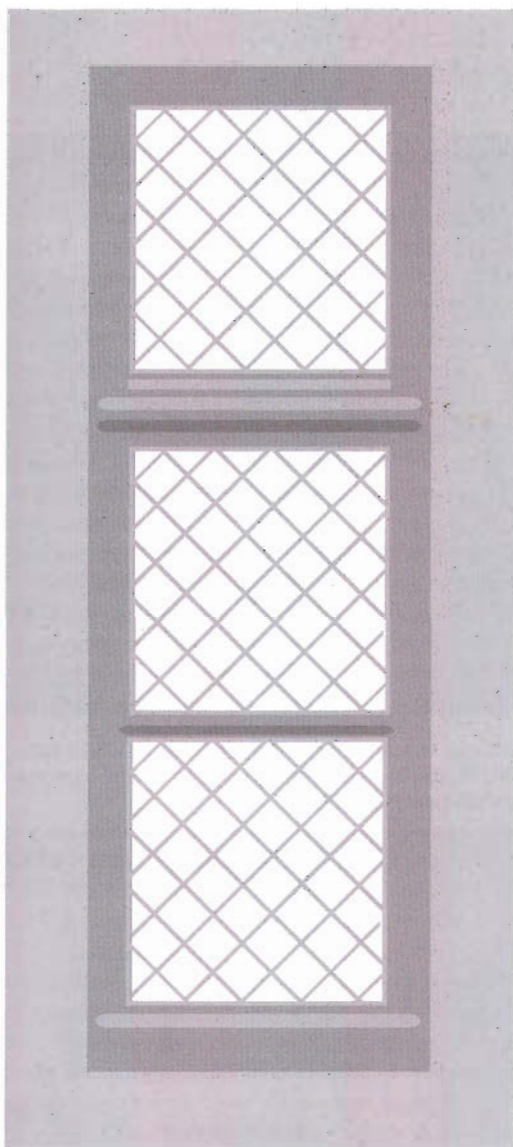
Las escuadrías son estrechas, de unos 20 mm de grueso. Los cercos, en torno a 36 mm, con espigas de 10 mm y espaldón de 20 mm. El travesaño superior y la peana son de más canto, de unos 125 mm, y el central de 85 mm. El galce en todos los casos es de 15 mm de ancho por 13 de profundidad.

El postigo, más ligero, de unos 13 mm de grueso, se mantiene con dos travesaños de madera enclavados y se practican con una bisagra larga metálica.

A finales del siglo XV se introduce la masilla de sellado en la junta entre vitral y cerco. Remaches metálicos refuerzan los ensambles.



**Ventana de maineles de piedra en un chateau del Loira. Se aprecia el vierteaguas redondeado**



Forma clásica de ventana renacentista francesa en edificios singulares (chateaux, palacios, iglesias, etc.)

Las ventanas evolucionan poco a poco hacia formas alargadas y estrechas. Los maineles son de piedra en las mansiones mientras en las ciudades son de madera (aprovechando la estructura de *pan de bois*) con secciones finas y remates de molduras redondeadas y en algunos casos esculpidas.

Se comienza a usar la mocheta donde se encaja el cerco y se da un mayor desarrollo de la peana, para conseguir mayor estanqueidad, lo que revela el interés por el confort térmico.

Las hojas pueden ser fijas y practicables. Los ensambles a caja y espiga (en torno a 10 mm de grueso y 45 mm de largo) son más ajustados por la mejora de las herramientas. El espaldón es de 20 mm y se refuerza con clavija de madera dura (de 8 a 9 mm de diámetro).

Junto a las clavijas aparecen escuadras metálicas que sirven para reforzar los ensambles por las caras.

Los plafones de los postigos encajan a partir de ahora a presión en el bastidor gracias al biselado del borde. Se siguen así las técnicas propias de la ebanistería con ranurados en torno a 6 mm.

El abandono de la estética medieval y el gusto por lo clásico se aprecia en las hojas y los postigos con formas aboceladas matando las aristas.

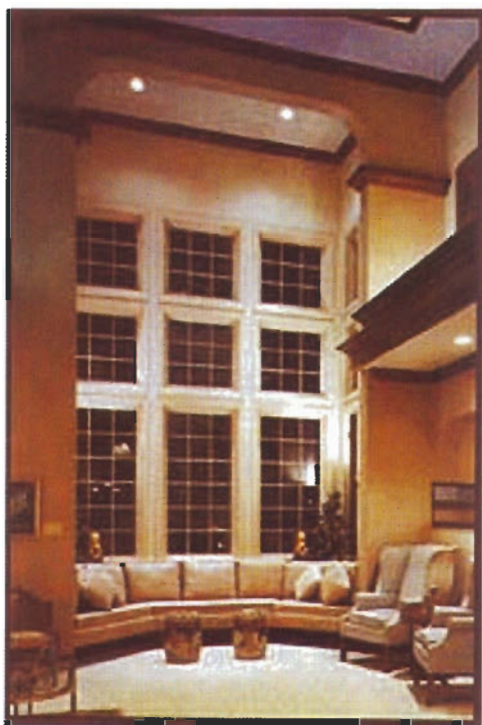
Tanto el postigo como la hoja son practicables.

El renacimiento en Inglaterra adopta un tipo de ventana parecido al francés: es renacentista pero con acentos góticos en maineles de piedra y acristalamientos de vidriera. Su gran aportación es la bay-window (también llamada bow window), un balcón cerrado o mirador de forma semi-octogonal o hexagonal que se eleva en toda la fachada creando en su interior



Ventanas Tudor

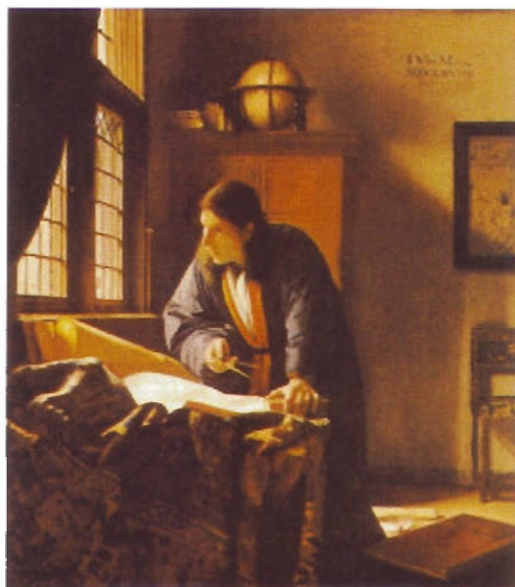




#### Ventana estilo Tudor

un espacio recogido. Esta ventana también llamada isabelina, como la arquitectura homónima, es una mezcla de gótico y renacimiento que se desarrolló durante los reinados de Isabel y Jaime I. Se caracteriza por su heterogeneidad y pintorescos efectos. Su principal característica es su configuración vertical, su gran tamaño y estar profusamente adornadas con molduras.

En los Países Bajos se aprecia una



Últimas ventanas de vidriera (siglos XVI-XVII) en los Países Bajos según se aprecia en dos cuadros de Vermeer de Delft





tipología algo distinta. Las ventanas flamencas de vidriera están formadas por dos cuerpos, como vemos en los cuadros de Jan Vermeer (1632-1675) -verdadero cronista de la vida doméstica- uno inferior practicable con mainel vertical y hojas abisagradas, y otro superior fijo. El primero se protege con contraventanas exteriores y el superior se puede oscurecer desde dentro con cortinas. Un ejemplo interesante de división funcional del hueco.



En España, el Renacimiento, también tardío y adaptado a las peculiaridades de nuestro país, tiene su paradigma en El Escorial, con una sobriedad no exenta de calidad e innovación. Para este Monasterio-Corte se fabricaron 2.700 unidades modulares que partían de un esquema parecido al francés en cuanto a la forma y al número de cuerpos, pero con vidrieras rectangulares y sin colorear. El trabajo de cuarterones, clásicamente español, es profusamente utilizado tanto en las puertas del Monasterio, como en los postigos de las ventanas aunque con un diseño más sobrio.



La gran novedad tecnológica de las ventanas del Escorial es la eliminación de mainel gracias al cierre solapado de las hojas. Este nuevo diseño es posible gracias a la *españoleta*, una cremone a presión que mejora notablemente la estanqueidad del conjunto.

Ventanas castellanas del siglo XVI

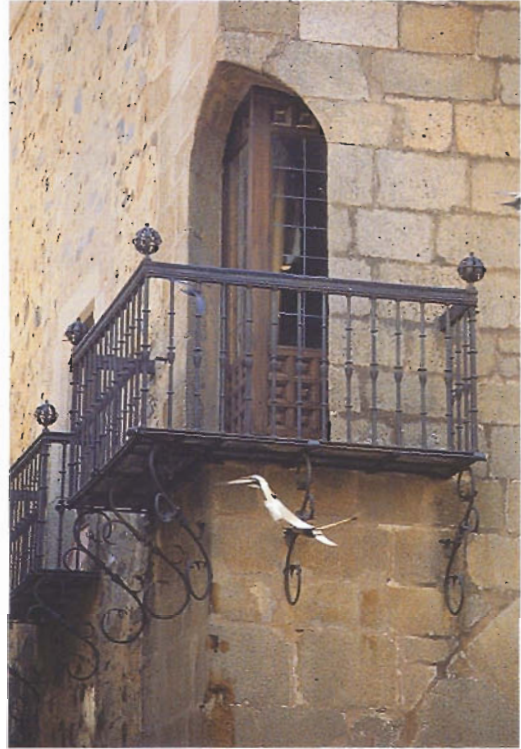
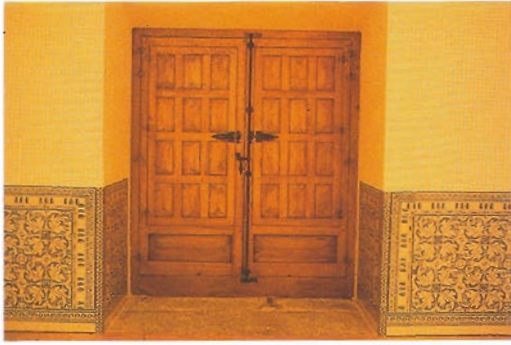




Diferentes tipos de ventanas en el Monasterio de El Escorial. A la derecha restauración de ventanas originales en la Escuela-Taller del Monasterio







Ventana castellana del siglo XVI (palacio en Cáceres)



Detalle de una españoleta original de la época

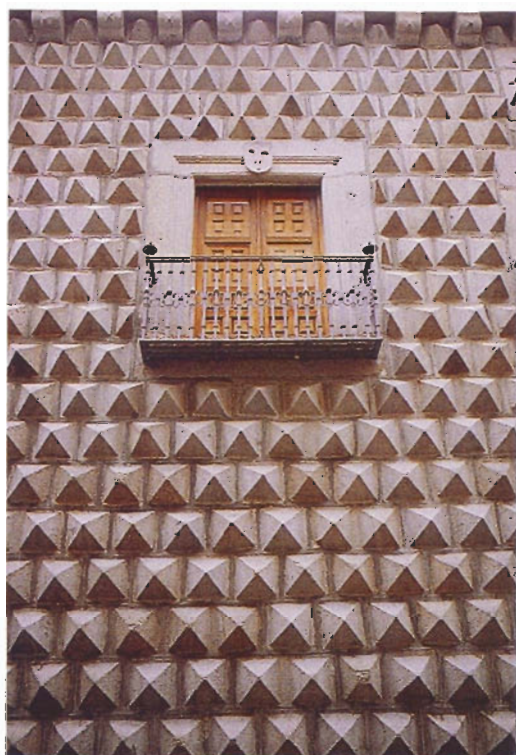
Se trata esencialmente de una barra vertical fijada al montante de la hoja por cuatro armellas atornilladas y que remata con garfios en sus extremos. Una manilla central los hace girar para que encajen en unos rebajes practicados arriba y abajo en el cerco para ser sujetado posteriormente a presión en un angular de la otra hoja.

El prototipo de El Escorial fue una ventana revolucionaria, que se extendió por toda Europa y el nombre del herraje

-la españoleta- ha sido conservado en todos los países.

En la arquitectura colonial española de América, las ventanas aparecen a partir de 1560 de forma ocasional. Son pocas, estrechas y simples. Toscamente labradas en madera y reforzadas con travesaños en su parte interior. En general se colocan sin atender a ninguna simetría. Sin embargo añaden ciertos elementos







**Palladio, Palacio Chiericati (Vizanza), 1550**



**Miguel Angel (Palacio Farnesio, Roma) 1530-1550**



**Palladio, Villa Rotonda (Vizenza), 1550**



**Galería Uffizi (Florencia), Vasari, 1581.**



**Miguel Angel (Campidoglio), 1563**

decorativos como los balaustres de madera en forma de pequeñas columnas redondeadas, ochavadas o rectos y sin talla. También se generalizan enormes celosías de origen musulmán. Los herrajes aparecen a mediados del siglo XVII (gracias al hierro importado de Vizcaya).

Las primeras ventanas del tardo Renacimiento y el Manierismo italiano (Miguel Angel, Alberti, Palladio) aprovechan la nueva modulación de los cristales para conseguir huecos más amplios y limpios. Primero son los marcos rematados en arco con mainel de piedra, y después la ventana con paños amplios en composiciones sencillas con embarrotados más finos y jugando con marcos, jambas, cornisas y frontones clásicos. Gracias a que en Venecia se produce vidrio con tecnología avanzada, los vidriados son más grandes que en Francia, España e Inglaterra, que continúan con el vidrio emplomado.



**Palladio (Logia Bernardo), Vicenza, 1571**

En cuanto a las contraventanas, en Francia dominan los empanelados interiores, en España los cuarterones también interiores y en Italia los de lamas exteriores, siguiendo la tradición palladiana. Palladio (1508-1590) diseña la ventana de dos cuerpos verticales rematada por otro transversal que lleva su nombre y que vuelve a ponerse de moda en los siglos XVII y XVIII.



# La ventana en los siglos XVII y XVIII

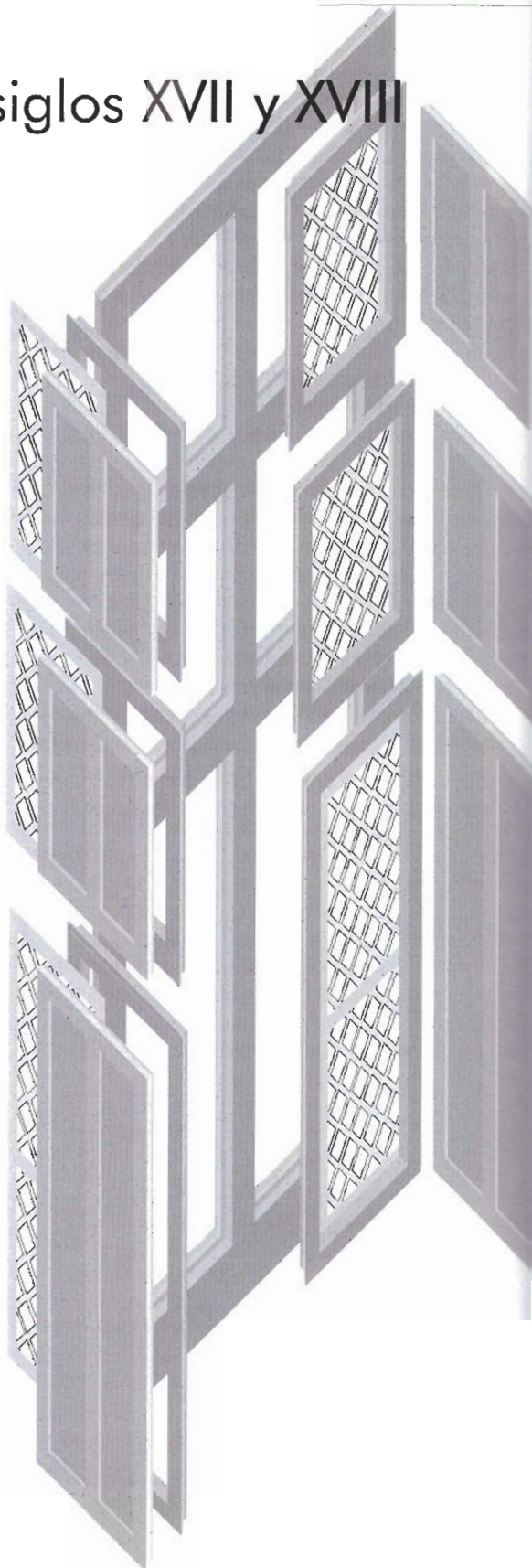
## Las ventanas de junquillos del siglo XVII

En el siglo XVII se producen en Centroeuropa dos cambios fundamentales en las ventanas. Por un lado se independizan definitivamente de la obra gracias a la sustitución del mainel de piedra o madera por un cerco de madera (la españoleta tarda en adoptarse). Y por otro, aparece el vidrio de mayor superficie, que desplaza progresivamente al vidrio emplomado.

En efecto, se empiezan a producir en Francia, desde 1688, planchas de cristal plano de 40-50 cm<sup>2</sup> para ventanas y espejos. La nueva modulación provoca la aparición de los junquillos ('a petit bois' en francés). La parte moldurada del barrote pasa al interior, y el galce, al exterior, con el fin de colocar la masilla y los junquillos. De esta forma, la parte noble de la ventana pasa del exterior al interior.

Estilísticamente el abandono del pintoresquismo medieval de las vidrieras da paso a la simplicidad y al clasicismo, herencia del Renacimiento.

Las escuadrías aumentan. Los cercos pasan a ser de 50/60 mm en montantes y testereros aunque la configuración es 'a tabla'. La peana es algo mayor, de 160 mm. Se incorporan vierte-aguas solapados con goterón inferior en peanas y







hojas con orificios de desagüe para los canales que aparecen por primera vez en los cercos, aunque no se solucionan los problemas de infiltraciones bajo la peana por la falta de sellantes.

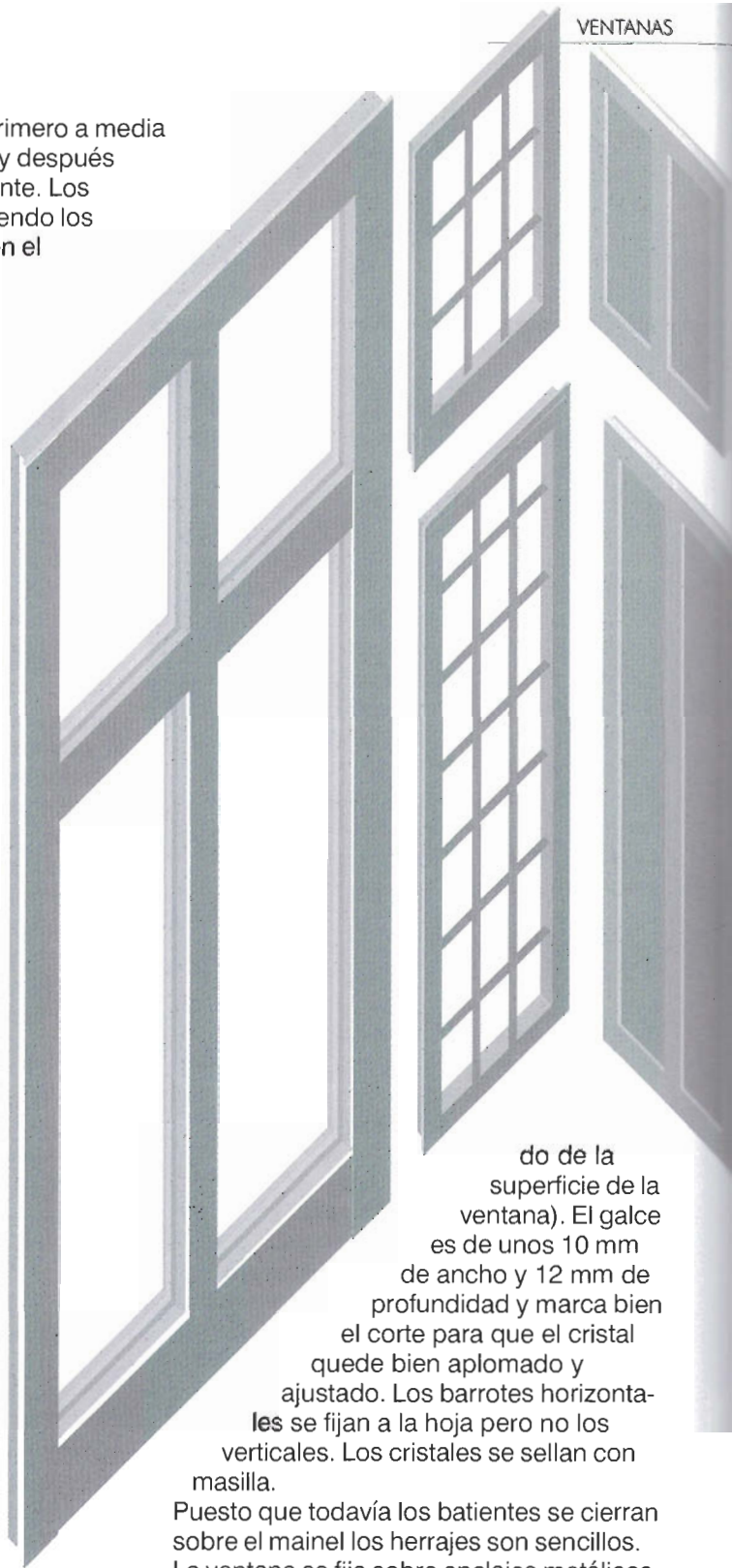
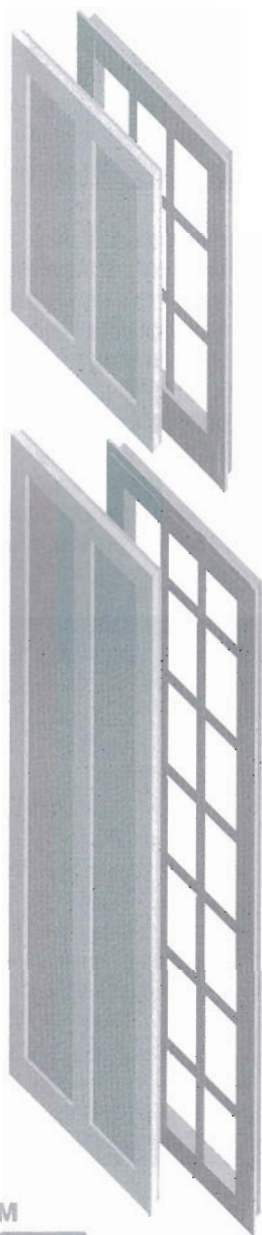
Se mantienen las escuadras metálicas de refuerzo en ensambles de esquina, complementando a las clavijas de madera y las cuñas en los cantos.

Los barrotes y junquillos son de 30/40 mm, dependiendo de las dimensiones



de la ventana. Se ensamblan primero a media madera con clavo de refuerzo, y después ingleteados en punta de diamante. Los traveseros son de una pieza, siendo los montantes los que se rebajan en el encuentro.

Se mantienen ciertas reglas de diseño: los cristales no son cuadrados, sino más altos que anchos (unos 3 a 5 cm de diferencia dependen-



do de la superficie de la ventana). El galce es de unos 10 mm de ancho y 12 mm de profundidad y marca bien el corte para que el cristal quede bien aplomado y ajustado. Los barrotes horizontales se fijan a la hoja pero no los verticales. Los cristales se sellan con masilla.

Puesto que todavía los batientes se cierran sobre el mainel los herrajes son sencillos. La ventana se fija sobre anclajes metálicos

Ventana de finales del siglo XVII

parecidos al gozne.

Las ventanas siguen teniendo una configuración alargada debido a las grandes alturas entre forjados.

El Palacio de Versalles (1661-1708) que marca la pauta estilística de la arquitectura de la época, define los grandes ventanales divididos en un gran número de cristales cuadrados sujetos con junquillos.

### La ventana mixta meridional

De otras latitudes es un tipo especial de ventana mixta que separa las funciones de ventilación e iluminación. Aunque más simple en su concepción, se adapta bien a sus fines.

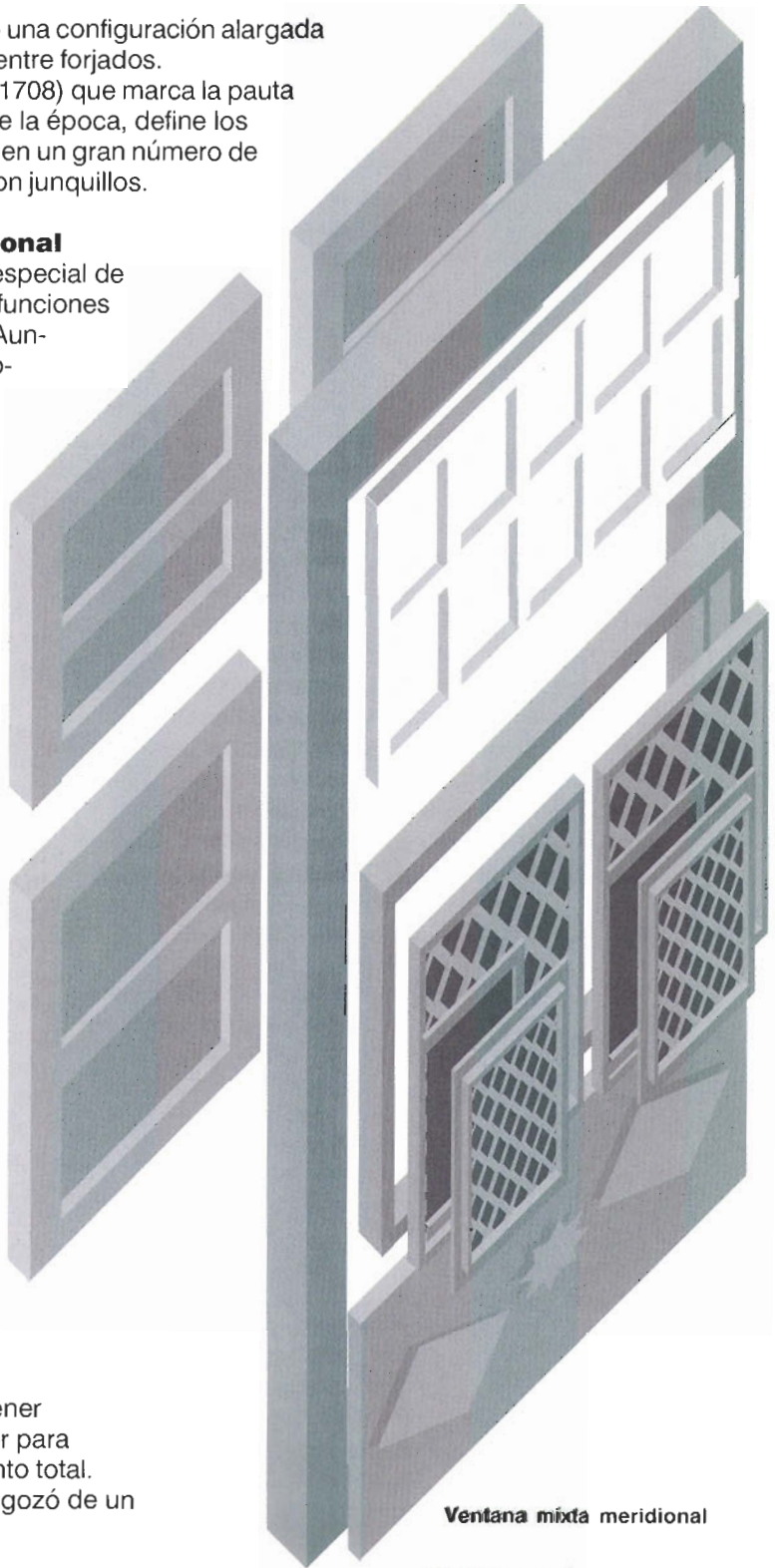
Estilísticamente combina influencia occidental y oriental.

La parte inferior es un antepecho opaco y fijo mientras la parte central, móvil, está formada por postigos de hojas apeinazadas o celosía. La tercera es un capialzado vidriado para iluminación. Postigos y antepecho son de cuarterones.

Los cojinetes, generalmente dispuestos en cruz, ocupan los huecos dejados por las calles o peinazos y se agrupan en recuadros. Visualmente permiten un contacto discreto con el mundo exterior.

La apertura de los postigos puede ser hacia arriba, lo que permite una corriente ascendente y un 'tiro' que favorece la renovación y el enfriamiento del aire, o hacia los lados. Puede bloquearse y moderar la entrada de aire.

La cristalera superior puede tener un tapaluces o postigo interior para proporcionar un oscurecimiento total. Se trata de una tipología que gozó de un



Ventana mixta meridional





amplio desarrollo, fundamentalmente en climas cálidos de España como Andalucía y Canarias. Más tarde se exportó a Latinoamérica.

### **Ventana de celosía del oriente próximo**

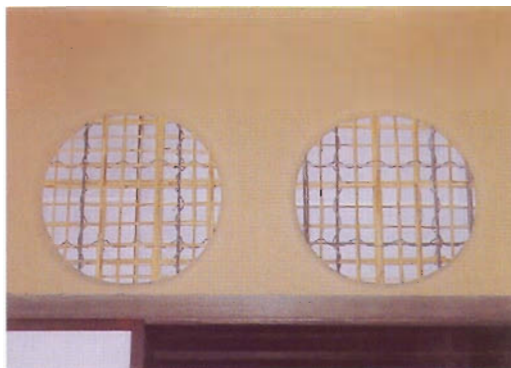
La ventana de celosía es una invariante de arquitecturas muy antiguas en las que los huecos se tapan con entramados de distinto tipo. Las más conocidas son las de varillas planas o torneadas cruzadas en diagonal dentro de un mismo plano. Se encuentra especialmente en el Norte de África y Oriente Medio, porque a la vez que deja que circule el aire permite la intimidad que reclama la religión musulmana para las mujeres y se adapta a la escasez de madera de esos países. Estas ventanas se adaptaron bien a la cultura occidental en regiones calurosas. La celosía (mashrabiya) puede tomar la forma de lacería, simple geometría o motivos florales y abstractos.

Algunas versiones de esta ventana son más complejas, según se juegue con antepechos y capialzados, más o menos opacos, apeinazados, acristalamientos, etc.

Es un tipo de ventana que puede proyectarse sobre la fachada y llegar a formar un balcón. Se encuentran muchos ejemplos en el norte de África (El Cairo, Medina, Rabat) y en España, en Toledo, Teruel y especialmente en Canarias desde donde se exportó a Sudamérica (aparece en Perú en el siglo XVI). El vuelo se apoya en canes de madera



Arriba dos ventanas del Palacio de Katsura.  
Debajo dos sohji actuales



empotrados en el muro. En Arabia se la denomina Moucharabieh o moucharaby.

### Ventanas del lejano oriente: China y Japón

En la arquitectura tradicional las puertas chinas pivotaban sobre un gozne mientras que en Japón, la shoji son deslizantes, lo mismo que las puertas. Éstas se fabricaban con entramado de madera siguiendo diversos patrones. La mayoría de las veces se cuajaban con papel de arroz<sup>1</sup> El panel suele estar dividido en rejilla a base de varillas. El vidrio no se usa en cerramientos. Para los barrotes se emplea bambú o listones de madera. Los antepechos y partes macizas se realizan con empanelado de madera machihembrada o bambú cuajado de arcilla.

<sup>1</sup>Las ventanas japonesas o Shoji actuales tienen pantalla a un solo lado con ranuras laterales. La madera suele ser Western Red Cedar de crecimiento lento y fibra vertical, seleccionado artesanalmente en cuanto al color y al veteado prefiriéndose un marrón medio con acabado suave. Como especie sustitutiva se emplea el Alaskan Yellow Cedar, muy denso y con gran contenido en aceites pero un color más amarillento. Opcionalmente la shoji puede hacerse con otras maderas, especialmente frondosas. El papel empleado es el de arroz, de fibra con laminado acrílico en ambas caras que mantiene la textura del papel clásico pero mejora sus cualidades de impermeabilidad. Se fabrica en dimensiones de 3 x 6" y 2 mm de grueso. Es de exposición exterior. Los papeles pueden ser coloreados con motivos de fenómenos atmosféricos, bambúes, hojas de árbol, etc.



Sucesión de elementos en ventanas de guillotina

Las ventanas fijas tienen formas muy variadas, redondas, de campana, de diamante, de abanico, etc. creando un centro de interés en el muro.

Materiales ricos, como el oro, la plata, el jade y el marfil se emplean como herrajes y tiradores en puertas nobles. Lo habitual son sencillos tiradores redondos encastrados en la hoja.

### **La ventana de guillotina, ejemplo de funcionalidad y sencillez**

La ventana de guillotina puede considerarse la primera ventana moderna pues posee un diseño muy depurado que no necesita herrajes. Consiste en dos hojas, una superior fija y otra inferior móvil, de trayectoria vertical. Los cristales se disponen entre varillas o listones de madera, formando un enrejado al que se fijan con puntas y una masilla de ges (mezcla de cal y aceite de linaza). Esta ventana proporciona el máximo de luz y resiste bien las embestidas del viento aunque tiene poca estanqueidad.

Sus orígenes parecen franceses (siglo XV) aunque su mayor desarrollo se alcanza en Portugal (especialmente en Azores y Madeira) desde donde probable-



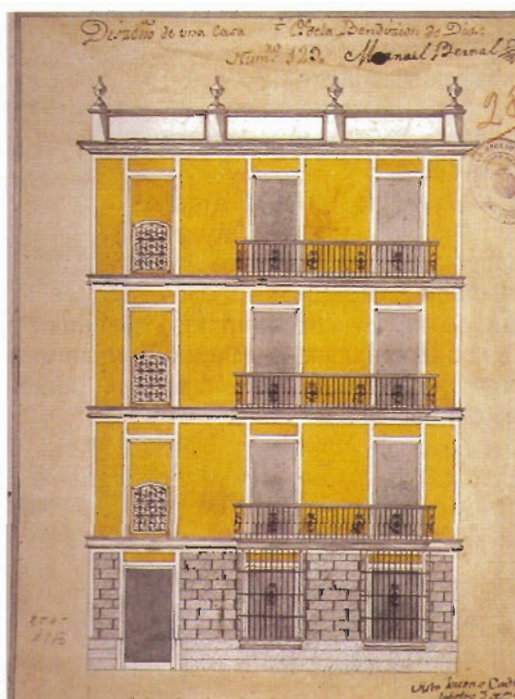


Ventanas de guillotina. A la izquierda en Tenerife (Canarias). A la derecha en Grecia y Estados Unidos

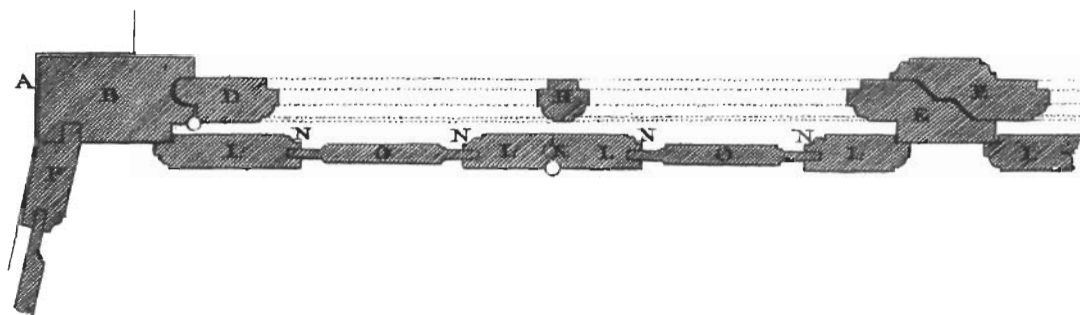
mente salta a Canarias. En la Península también se encuentran ejemplos en Andalucía y en zonas de litoral (Galicia, Cantabria y País Vasco) a partir de los siglos XVII y XVIII distinguiéndose por la presencia de antepecho de cojinetes como motivos ornamentales.

De España pasó a los Países Bajos desde donde se cree que pasa a Inglaterra donde tuvieron un amplísimo desarrollo y de ahí a las colonias de Norteamérica. Su imagen actual es netamente anglosajona pero también se asocia a arquitecturas coloniales y climas costeros. El uso de contraventanas interiores es también bastante frecuente para tamizar la entrada del calor y de la luz y frenar las infiltraciones de aire.

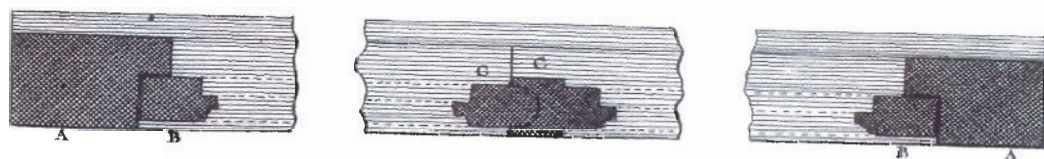
Su verdadero desarrollo se produce en el siglo XVIII, propiciado por el mayor tamaño de los cristales, producidos industrialmente en largos de 20-25 cm. En la Enciclopedia Diderot y D'Alambert



Fachada española del siglo XVIII



Solape de las hojas en cuello de cisne y del cerco en boca de lobo



Solape de las hojas en boca de lobo y del cerco en renvalse con mocheta

(siglo XVIII) se describen ventanas de guillotina con antepecho opaco panelado de 2' o completamente acristalado con hojas deslizantes de 2 x 4' (60 x 120 cm).

### El siglo XVIII y la ventana a la francesa

El siglo XVIII asiste al desarrollo de la ventana 'a la francesa', aquella cuyos batientes se cierran sobre sí mismos mediante solape de los perfiles, sin necesidad de maineles ni montantes intermedios. Las hojas se cuajan de cuadrícula rectangular con barrotes ensamblados en punta de diamante.

Los batientes son estrechos, de 2 1/2" x 1" (63,5 x 25 mm) pero en el solape aumenta

con tapajuntas de 1/2" x 1" (12,7 mm x 25,4 mm) y 1/2" (12,7 mm). La junta entre hojas tiene solapes en boca de lobo o de cuello de cisne. Entre hoja y cerco puede ser en boca de lobo o en renvalse.

Las contaventanas interiores siguen empaneladas con secciones de 3/4" x 3 1/2" en el bastidor (19 x 90 mm) y 1/2" (12,7 mm) de grueso de plafón.

Los cristales están en torno a 1,5' x 2 1/2' (38 x 62 cm) y los barrotes o baquetones, de 1" x 1" (2,5 x 2,5 cm).

El vierteaguas sigue siendo redondo, con goterón longitudinal.

Los cierres pasan de las cremonas a la españoleta para mejorar la impermeabilidad.



Solape de la hoja en cuello de cisne y del cerco en escuadra

fig. 45.



fig. 44.



fig. 43.



fig. 42.

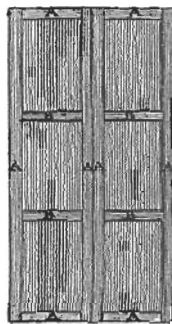


fig. 46.

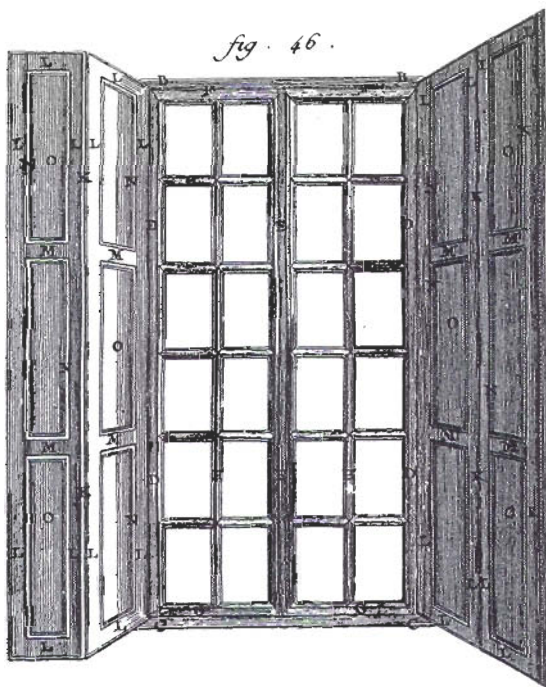
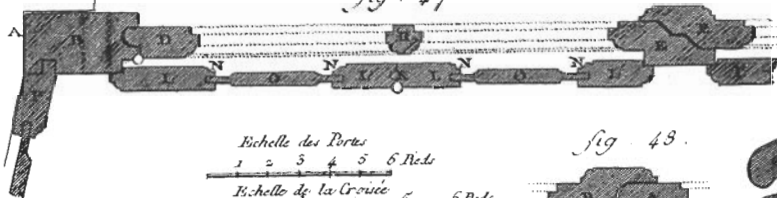


fig. 47.



Echelle des Portes

1 2 3 4 5 6 Pieds

Echelle de la Croisée 5 Pieds

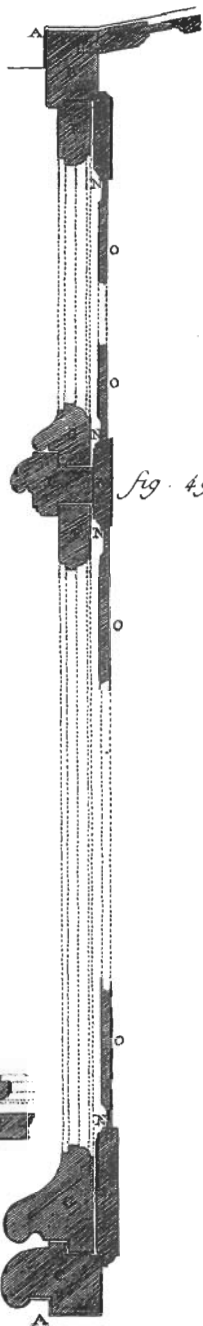
Echelle des Profils

1 2 3 4 5 10 11 12 Toises

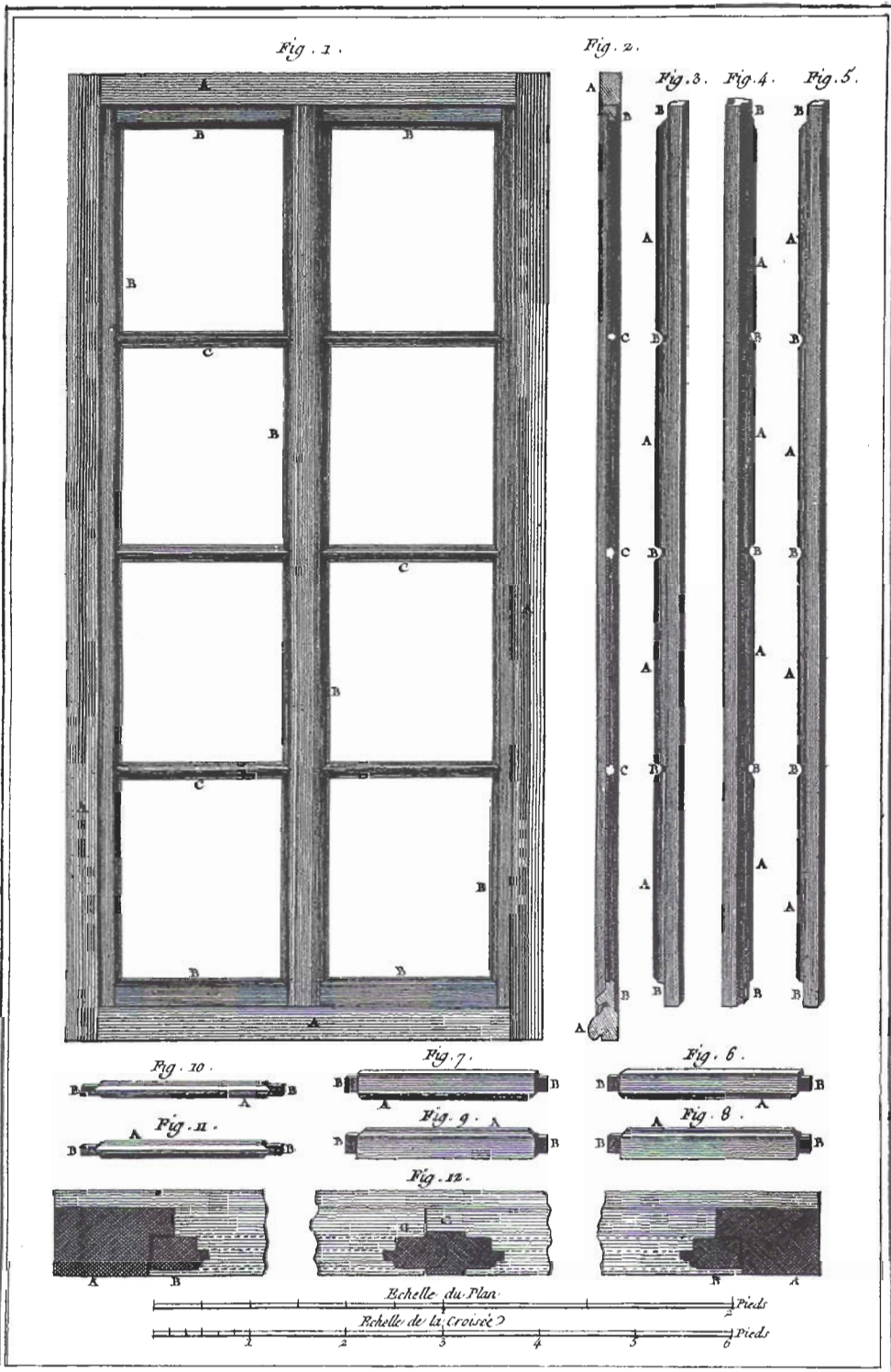
fig. 48.



fig. 49.







Jacotte del.

Benoit fecit.

*Menuisier en Batiment, Croisée à Verres ou Glaces.*

# La ventana en los siglos XIX y XX



La ventana en el siglo XIX recoge las pautas marcadas en el XVIII pero mejora su nivel tecnológico gracias a los grandes cepillos de moldurar que logran perfiles y juntas cada vez más complejas y precisas. Se impone una nueva tipología, la ventana balconera con superficies acristaladas cada vez mayores (vidrios de tres, dos y una pieza por hoja).

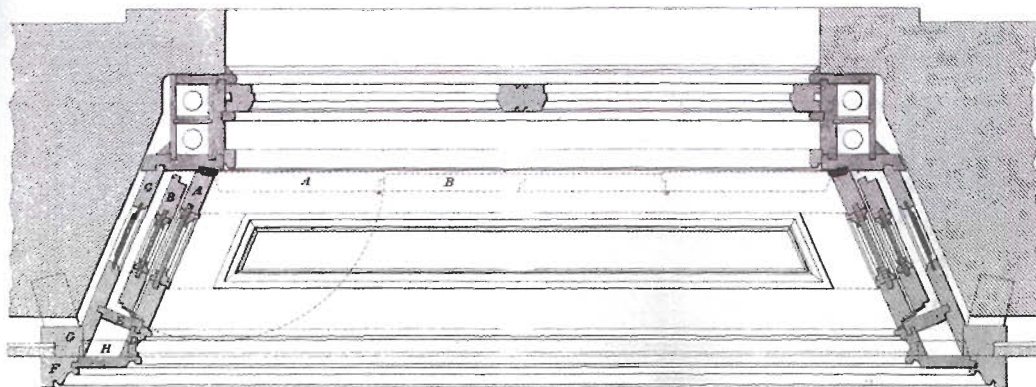
Ante los problemas de aislamiento se refuerza el papel de las contraventanas y persianas. Por ello los cercos son de mayor sección y reciben la persiana exterior de librillo, los batientes y las contraventanas interiores. Esta sucesión-superposición de elementos es posible gracias a los elevados grosores de los muros. Forman un conjunto de hueco o bloque de gran eficacia funcional, desta-

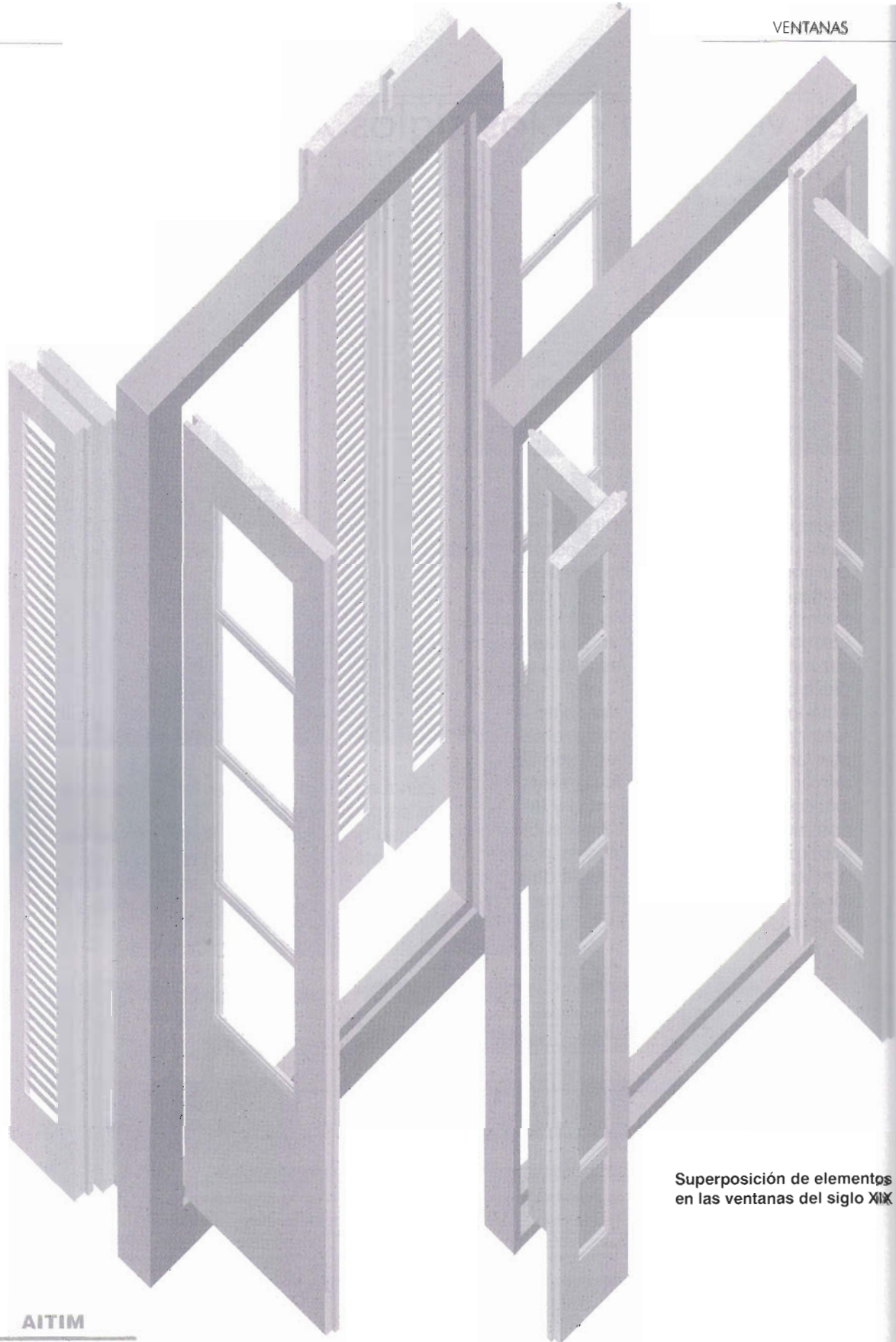


cándose como un hito en la evolución de la carpintería exterior.

El uso de persianas de librillo con lamas orientables gracias a un tirador, se pliegan y escamotean en la jamba, permitiendo diversas posiciones de luz y sombra, de vistas y opacidad.

Fig. 1





Superposición de elementos  
en las ventanas del siglo XIX



Las contraventanas, por su gran tamaño necesitan ganar en esquadría y vuelven a colgarse, no con bisagras, sino con pernios de palas. Las contraventanas mejoran la protección térmica, durante la noche en invierno y durante el día en verano, además de favorecer la estanqueidad acústica y el oscurecimiento regulable.

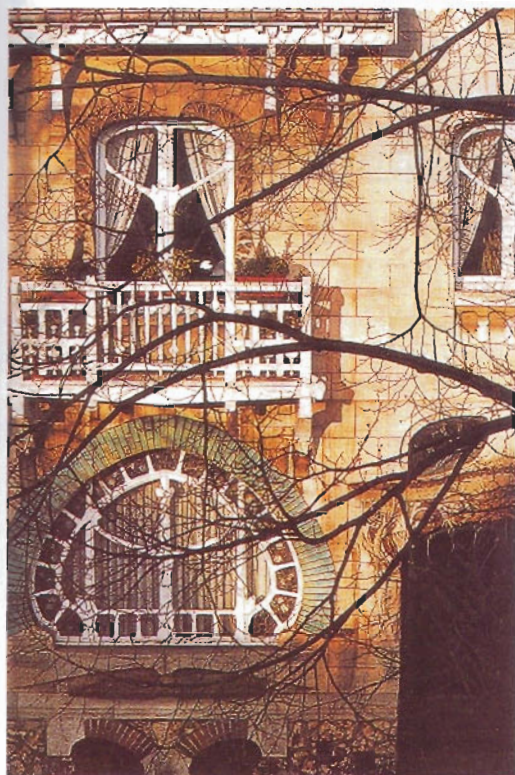
El final del siglo XIX se caracteriza por la lenta irrupción de la carpintería metálica en la estela de las grandes obras civiles de acero y cristal. La perfilería de hierro se comienza a introducir progresivamente en las viviendas, a precios más competitivos, aunque con bajas calidades.

### La ventana de comienzos siglo XX

En el cambio de siglo, las vanguardias europeas (Art Nouveau, Art Déco, Constructivismo, Stijl, etc.) crean una cierta confusión en la Arquitectura pero especialmente las primeras, por su



decorativismo, recuperan la carpintería tradicional de madera perdiendo ésta su aparente rigidez para adoptar formas más libres de carácter orgánico. A pesar de que son intentos de crear nuevos estilos, en realidad se trata de cambios superficiales, casi de maquillaje, ya que el propio material impone sus limitaciones y permite con dificultad las formas sinuosas, más aptas para materiales moldeables como el hierro. Aún con estas limitaciones han



Casa modernista en Nancy (Francia)



Gaudí. Colegio Teresiano





dejado maravillosos ejemplos de carpintería y recuperan, entre otras cosas, el uso de las vidrieras (el vidrio 'antiguo' había vuelto a fabricarse en Inglaterra desde 1863).

### El estilo internacional

Tras el asentamiento de las vanguardias, se acaba imponiendo el Estilo Internacional, hijo más o menos reconocible del racionalismo de los grandes maestros europeos: Le Corbusier, Gropius, Mies Van der Rohe... La carpintería se somete a los cánones de serialización, industrialización, sencillez y modulación de este movimiento.

Como factor compositivo de la fachada, la ventana es un elemento superficial como franja corrida de perfiles ligeros (metálicos necesariamente) de la misma forma que la cubierta plana, las superficies lisas y blancas o la estructura independiente del cerramiento. Paradójicamente Le Corbusier volverá a la vidriera medieval en dos obras singulares: la capilla de Ronchamp y el convento de Latourette y

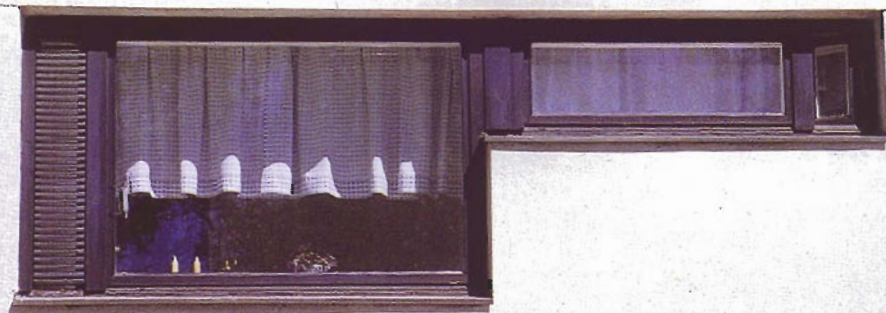


Casa Batlló, de Antonio Gaudí (arriba y a la izquierda)



Casa Milá, de Antonio Gaudí

utilizará madera excepcionalmente en la Unité d'Habitation de Marsella. Para el racionalismo, la madera, producto natural y heterogéneo debe dar paso al hierro, material homogéneo, más resistente e industrializable. Presenta, además, secciones más esbeltas que se adaptan mejor a la estética de líneas sencillas y sobriedad de este movimiento. La carpintería de madera, de producción artesanal, cede ante la de producción industrial (la ventana metálica). A pesar de que los grandes arquitectos racionalistas desecharon la madera en carpintería exterior, otros maestros como Wright o Aalto mantuvieron la madera como elemento válido del lenguaje moderno. Experimentaron con las textu-



ras naturales de la madera en contraste con la pureza de superficies de los muros que preconizaba el racionalismo. Otro aspecto importante en esta época es que la arquitectura internacional disminuye el tamaño de la ventana forzada por la menor altura entre los forjados (en torno a los 3 metros) y la delgadez de los muros, mero cerramiento (25-30 cm), ya que se independiza de la estructura. Las ventanas pueden colocarse por tanto con más libertad y sin condicionantes estructurales por lo que pueden configurarse por prime-

#### Ventanas de Alvar Aalto en la universidad politécnica de Otaniemi

ra vez en sentido horizontal. Más adelante lo será también en toda la superficie (muro cortina).

El nuevo grosor de muros impide las antiguas soluciones de contraventana y persiana de librillo y aparece como solución pobre la persiana enrollable exterior o en cajón capitalizado.

La última gran aportación de este siglo ha sido el muro cortina. Innovación asociada

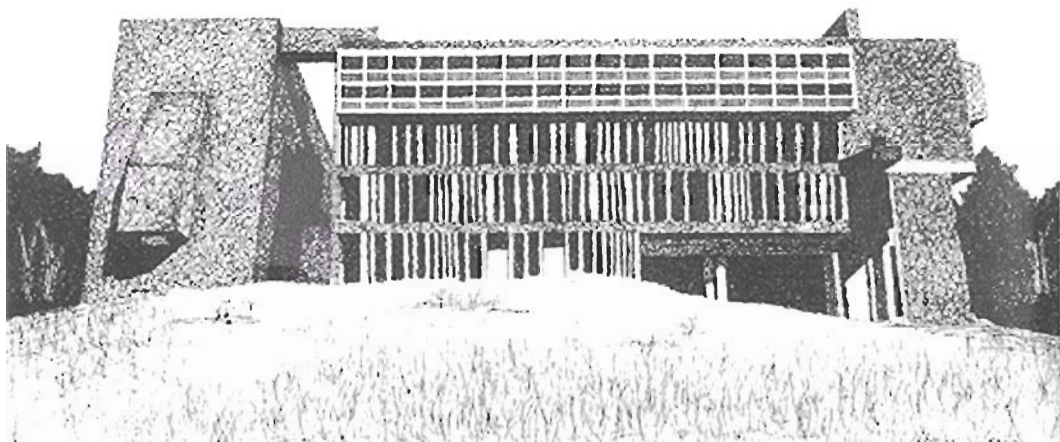


Ventanas en voladizo de Villa Mairea de Alvar Aalto (1938)



Vidrieras de la Capilla de Ronchamp de Le Corbusier (1950-54)





**Convento de Latourette. Le Corbusier, Lyon 1957**

al aire acondicionado, la iluminación fluorescente, el aluminio extruido y anodizado, el caucho y los sellantes elásticos sintéticos. Descubrimientos que también se aprovecharon en la carpintería de madera.

A pesar de la estandarización forzada, los edificios de autor han seguido aportando aportando ejemplos interesantes en madera (Coderch, Siza, Fisac...).

### **La ventana industrializada en el siglo XX**

La ventana ha sufrido una transformación radical desde mediados de siglo XX por la aparición de nuevos materiales que mejoraron su comportamiento y su maniobrabilidad: perfiles, sellantes, vidrios

mejorados y herrajes más seguros propiciaron nuevas tipologías.

La madera cedió el puesto al hierro primero, y luego el aluminio, al PVC y a otros materiales sintéticos.

A nivel formal se ha impuesto la ventana corredera, frente a la francesa, por razones de espacio y economía en las viviendas modernas, pequeñas y caras (salvo en países anglosajones donde las de guillotina y basculantes tienen mayor aceptación). Pero no sólo la de madera, la carpintería exterior en general, ha perdido mucha importancia en relación a otras épocas. El duro mercado inmobiliario ha impuesto sus leyes de precios lo que se traduce en una calidad, muy lejos de pasados momentos de esplendor.



**Villa Savoye de Le Corbusier (1927-1931) es una obra emblemática del Movimiento Moderno. Las ventanas metálicas forman franjas corridas.**

### **La ventana de madera en España**

En España la ventana de madera empezó a perder mercado por su baja calidad, abriendo así las puertas a la carpintería metálica. La industria estaba formada fundamentalmente por empresas artesanas y se encontraba con fuertes problemas de suministro de madera y de maquinaria debido a la autarquía, al contrario de lo que ocurría con la industria del hierro y el aluminio. Éste último en los años 60 y 70 vino a sustituir al hierro que empezaba a no satisfacer los estándares de confort.



Alvar Aalto. Sairala



Alvar Aalto. Su casa



Alvar Aalto. Biblioteca de Otaniemi



Alvar Aalto. Su estudio







La Unidad de Habitación de Marsella. Le Corbusier



Interior del convento de Latourette. Le Corbusier



Interior de la capilla de Ronchamp. Le Corbusier



Casa de Frank Lloyd Wright



Casa Esherick. Louis Kahn





Ventana corrida de vivienda racionalista en Madrid (años 30)

Pese a ello gran cantidad de arquitectos seguían siendo partidarios de utilizar la madera en sus proyectos por motivos de tradición y prestigio, a pesar de que a menudo se recibían quejas por la deficiente calidad, la mala comercialización y los problemas de secado. Las promotoras, constructoras y un amplio sector de usuarios, por contra, se inclinó definitivamente a favor del aluminio por su falta de problemas, por su facilidad de colocación y aparente falta de mantenimiento (la nueva solución distaba mucho de ser la adecuada).

### **El boom de la industrialización**

Pero el siglo XX ha sido el de la industrialización para todos los materiales de carpintería. A ello ha contribuido especialmente la industria de la máquina-herramienta y los crecientes requerimientos de confort, aislamiento y ahorro de energía de las viviendas, especialmente a partir de la crisis energética de los años 70 (la

llamada crisis del petróleo).

El comienzo de los ensayos de laboratorio permitió a los fabricantes de maquinaria y a los carpinteros afinar sus diseños y su mecanización. Hasta ese momento, los arquitectos diseñaban los perfiles de sus ventanas con criterios empíricos o simplemente estéticos. A partir de entonces son los fabricantes de maquinaria quienes realmente han sabido diseñar perfiles, quedando para los arquitectos la definición y configuración del hueco.

La ventana de madera, como las puertas y los pavimentos, que habían tenido hasta ese momento un sistema de fabricación artesanal, se vio forzada, por la competencia con los nuevos materiales, a su industrialización. Gracias a ella, la ventana de madera ha recuperado su competitividad y su mercado, beneficiándose de los mismos avances técnicos que los otros materiales; nuevos herrajes, juntas y productos de sellado. La competencia se ha desplazado sólo al perfil.



Miguel Fisac. Colegio de la Asunción en Madrid

Pero no todo han sido malas noticias para la carpintería de madera en estos años, ya que la creciente conciencia ecológica, los primeros análisis de ciclo de vida de productos y el desarrollo sostenible de la producción de materiales la han devuelto al primer plano en la construcción. Actualmente los grupos ecologistas, pese a las denuncias sobre explotación del bosque tropical, proponen la carpintería de madera frente a las de otros materiales.

Además la competencia ha servido para fortalecer sus puntos débiles: secado, protección y acabado, procesos que han abocado a la fabricación de unidades de hueco totalmente acabadas en fábrica. Aunque la perfilaría de madera maciza produce mayores pérdidas de material<sup>2</sup> y el volumen empleado es mayor que en puertas y suelos<sup>3</sup>, su repercusión en la carpintería es muy parecida a otros mate-



José Antonio Coderch. Vivienda en Canet de Mar (Barcelona)

riales<sup>4</sup>. Además su coste energético de extracción y fabricación es enormemente más bajo que el acero, el aluminio y el PVC. Finalmente sigue conservando su mayor aislamiento térmico y acústico, su mejor adaptación al mercado de la rehabilitación y sus aspectos visuales y táctiles incomparables y no superados por otro material.

### Unidad de hueco de ventana de madera

Desde la década de 1960 se apreciaba en

<sup>2</sup>en torno al 30-50% - que por otro lado se aprovecha para otros usos

<sup>3</sup>se estima una media de consumo de 0,1 m<sup>3</sup> por unidad

<sup>4</sup>Los costes de fabricación son del 59% [Materiales 26%, Mano de obra 6%, Costes indirectos 25%] y los costes de instalación del 41% [Materiales 13,5%, Mano de obra 18,5%, costes indirectos 9%]

toda Europa una tendencia acusadísima hacia la normalización y la producción en serie de las ventanas acabadas de fábrica y listas para su colocación.

Esta tendencia no ha podido materializarse hasta los años 80 y poco a poco se ha ido imponiendo hasta llegar a España donde ya existe un buen grupo de empresas que fabrican con este sistema.

La "unidad de hueco de ventana" es un producto que sale de fábrica con precerco, cerco y batientes, juntas de estanqueidad y herrajes, acristalado y barnizado (o al menos con una imprimación base). Esta unidad se instala directamente en obra.

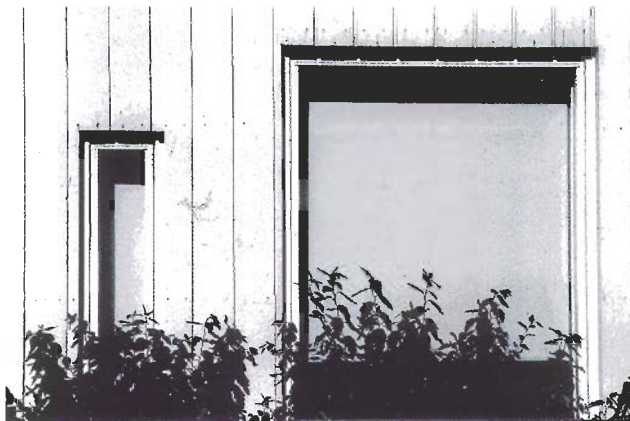
El diseño de los perfiles, el tratamiento de la madera, su perfecto secado y la mecanización con maquinaria de precisión, permiten fabricar unidades de una calidad contrastable (actualmente los ensayos de laboratorio son los mismos a nivel europeo para todo tipo de ventanas y fijan las mismas limitaciones de la entrada de aire y agua y aislamiento térmico y acústico). La ventana de madera así fabricada presenta una relación calidad/precio competitiva y en gran parte ha solucionado su acabado y mantenimiento.

### **Estructura del sector en España**

Aunque el número de empresas es muy elevado, sólo unas pocas decenas de empresas fabrican el 60% del total producido. La mayor parte tiene menos de 5 empleados y son empresas familiares. La línea divisoria que separa la competitividad de las industrias de carpintería es precisamente el nivel de uso de las recientes tecnologías, junto a la capacidad profesional de los operarios del sector.

Sus clientes suelen ser constructoras (95%), muy pocos productos pueden venderse todavía a través de almacenes (5%) aunque esta tendencia está cambiando con las grandes superficies de venta.

Los productos se venden directamente de fábrica a constructora. Por ser de encargo,



**Ventanas finlandesas. Años 90**

el consumo coincide con la producción y su crecimiento está íntimamente ligado a la evolución de la construcción. A pesar de la liberalización de los mercados en estos momentos hay poco intercambio de comercio exterior. Si bien la importación supera con mucho a la exportación.

En España el sector de la ventana de madera se encuentra todavía en una situación casi marginal mientras que en el resto de Europa se colocan porcentajes muy altos. Las razones ya se han apuntado.

Las nuevas tecnologías, la sensibilidad medioambiental y la variable estructura del mercado puede cambiar de nuevo las tornas.



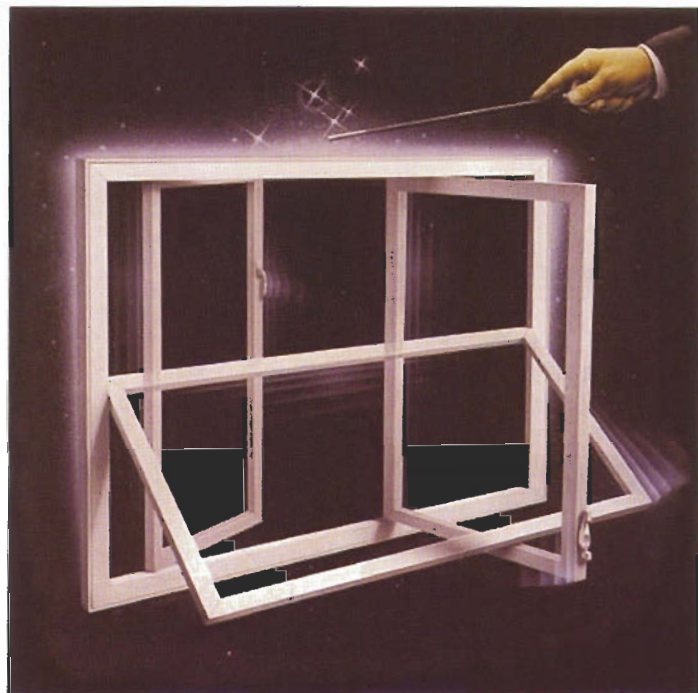
# Tipologías de ventanas

A pesar de que la normativa y los tratados se han ocupado muchas veces de las tipologías y clasificaciones, la realidad es que ni el mercado ni la literatura técnica han llegado nunca a ponerse de acuerdo sobre cómo llamar a cada ventana. Depende de que se empleen conceptos geométricos, cinéticos, descriptivos o toponímicos para referirse a ellas.

Una primera división clara es entre deslizantes, abisagradas y pivotantes, pero es claramente insuficiente.

Una segunda más completa sería en función del tipo de apertura:

- Ventanas abatibles (Practicables o Abisagradas)
- Ventanas de movimiento compuesto (Oscilobatientes y Oscilocorrederas)
- Ventanas giratorias (Pivotantes y Basculantes)
- Ventanas deslizantes



(Correderas si el deslizamiento es horizontal y Guillotinas si el deslizamiento es vertical)

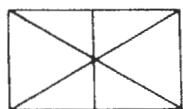
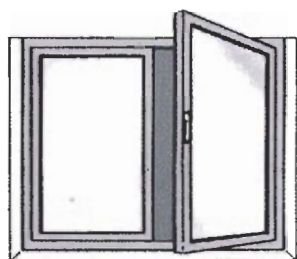
- Ventanas proyectantes  
Pero la distinción entre abatible, basculante, giratoria, proyectante y pivotante nunca queda clara en el mercado, en los catálogos y en los proyectos. Algo parecido ocurre con el grupo de las deslizantes, correderas y de guillotina. Si además mezclamos estos términos con otros históricos o locales (a la inglesa, a la francesa, a la italiana o a la australiana) la cosa se complica.

El tema es intrascendente

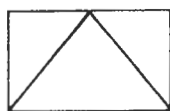
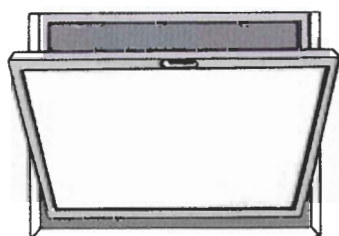
siempre que se acompañen dibujos o textos explicativos de lo que se prescribe. Por nuestra parte hemos escogido la denominación que consideramos más aceptada y acertada, distinguiendo básicamente entre el término abatir (que es claramente de eje horizontal, por etimología, derribar, caer) lo mismo que bascular (como una báscula, balanza o contrapeso) y pivotar (movimiento en torno a un eje vertical).

# Simbologías

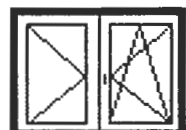
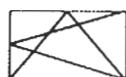
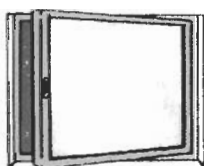
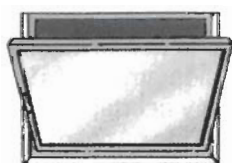
En el lenguaje arquitectónico se aceptan las siguientes simbologías de ventanas



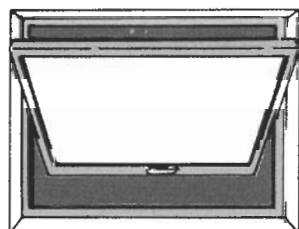
Ventana a la francesa y a la inglesa



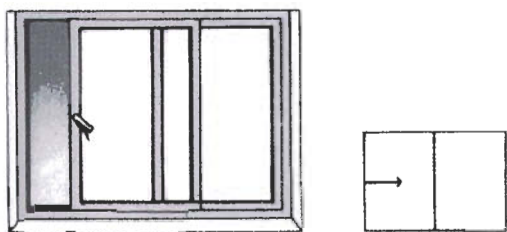
Ventana abatible



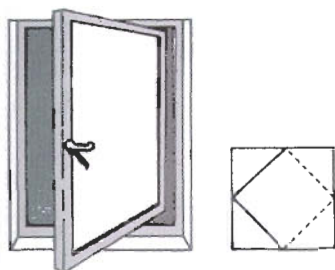
Ventana oscilobatiente



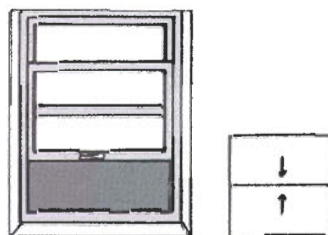
Ventana basculante



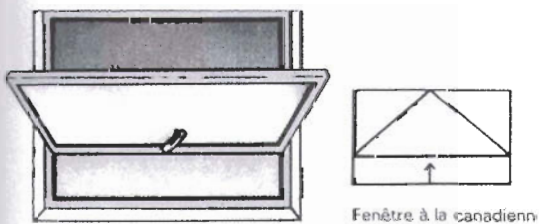
Ventana corredera



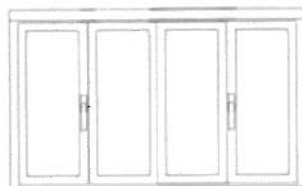
Ventana pivotante



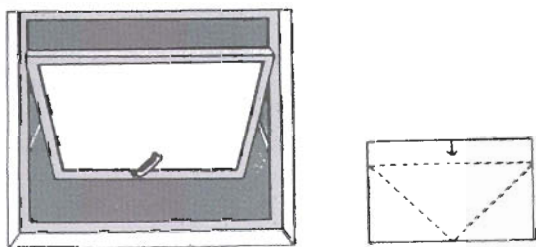
Ventana de guillotina



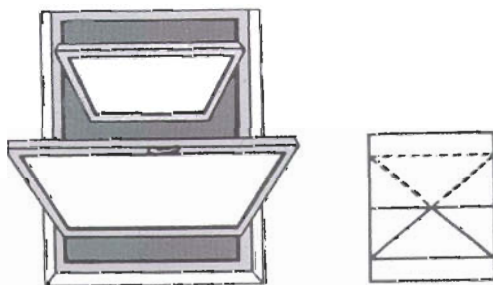
Ventana a la canadiense



ventana plegable

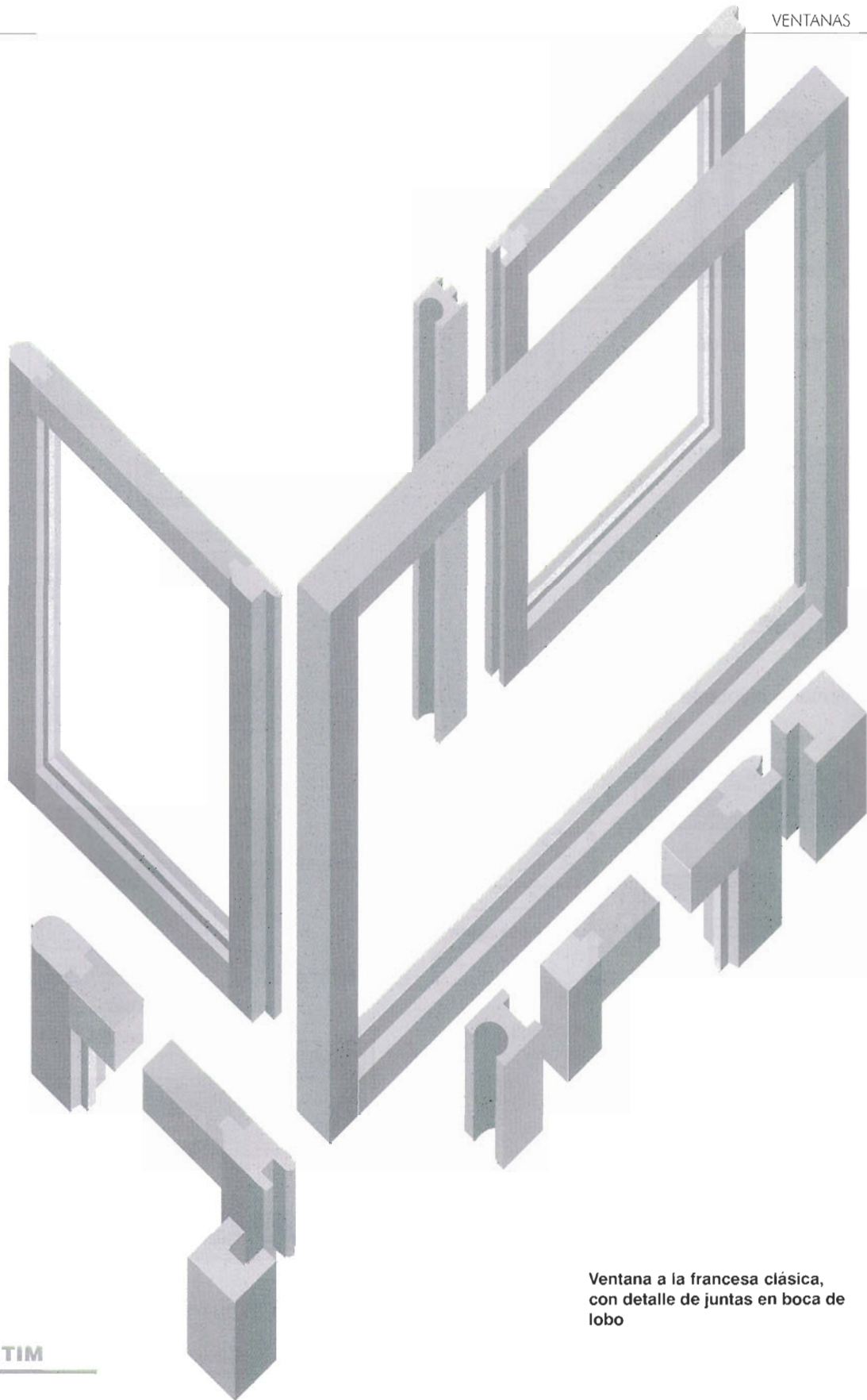


Ventana a la italiana



Ventana a la australiana





Ventana a la francesa clásica,  
con detalle de juntas en boca de lobo

# Ventana a la francesa

Es una ventana abisagrada de eje de giro vertical, practicable al interior. Es la más común de las ventanas de madera en nuestro país. Entre sus ventajas destaca que, en su máxima apertura, deja libre la totalidad del hueco, con la máxima ventilación y la posibilidad de asomarse al exterior. Tanto la limpieza exterior de las hojas como su desmontaje son sencillos, simplificando mucho el cambio de accesorios.

Su principal inconveniente es que su apertura obstaculiza el espacio interior (problema que en nuestra época tiene bastante importancia debido al exiguo tamaño de las viviendas) y daña los elementos auxiliares de la ventana, cortinas, visillos, etc.

En situaciones de exposición a fuertes vientos, las hojas pueden abrirse bruscamente hacia el interior.

Otro inconveniente es que, como las ventanas abren hacia dentro, es difícil lograr la estanquidad y se debe proteger la peana que necesita un tratamiento especial a base de vierteaguas y goterón.

Es importante que en la jamba, el vierteaguas quede por delante del montante, de otra forma

conducirá el agua detrás de ella.

Las juntas elásticas especiales han contribuido mucho a la estanqueidad de esta ventana.

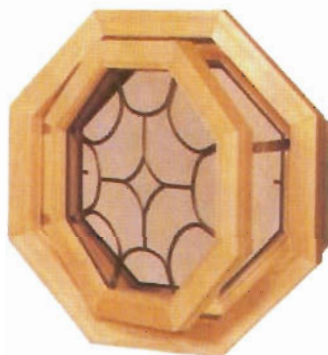
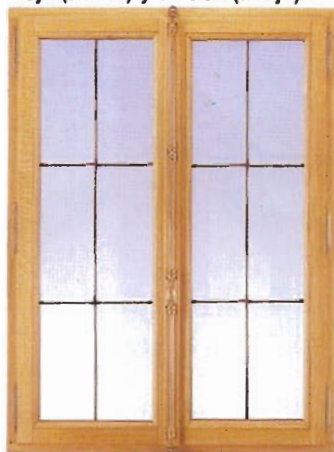
El galce en el encuentro entre hojas requiere una protección adicional ya que está mucho más expuesta a la acción agua-viento. Lo normal es clavar una moldura-tapajuntas sobre ella.

Los diseños *a la francesa* han evolucionado especialmente en el tipo de junta entre hojas y con el cerco.

En Norteamérica sólo se colocan como balconeras.



Ventana a la francesa de una hoja (arriba) y de dos (abajo)

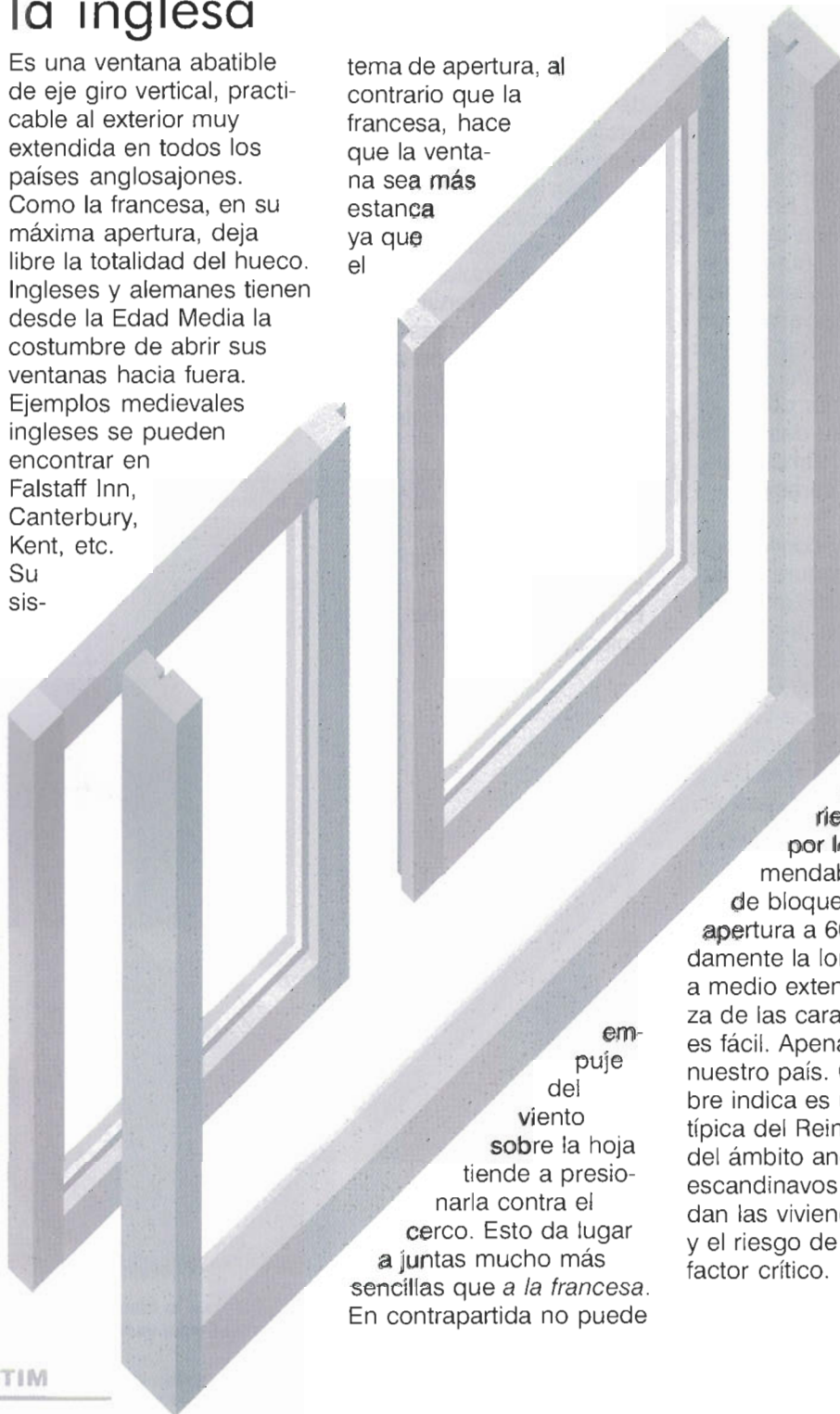


La ventana a la francesa admite las formas más variadas

# Ventana a la inglesa

Es una ventana abatible de eje giro vertical, practicable al exterior muy extendida en todos los países anglosajones. Como la francesa, en su máxima apertura, deja libre la totalidad del hueco. Ingleses y alemanes tienen desde la Edad Media la costumbre de abrir sus ventanas hacia fuera. Ejemplos medievales ingleses se pueden encontrar en Falstaff Inn, Canterbury, Kent, etc. Su sis-

tema de apertura, al contrario que la francesa, hace que la ventana sea **más** estanca ya que el



empuje del viento sobre la hoja tiende a presionarla contra el cerco. Esto da lugar a juntas mucho más sencillas que a la francesa. En contrapartida no puede

adaptarse a algunos cierres y presenta riesgos de caídas por lo que es recomendable un sistema de bloqueo que limite su apertura a 60 cm (aproximadamente la longitud del brazo a medio extender). La limpieza de las caras exteriores no es fácil. Apenas se ven en nuestro país. Como su nombre indica es una ventana típica del Reino Unido, países del ámbito anglosajón y escandinavos donde abundan las viviendas unifamiliares y el riesgo de caídas no es un factor crítico.



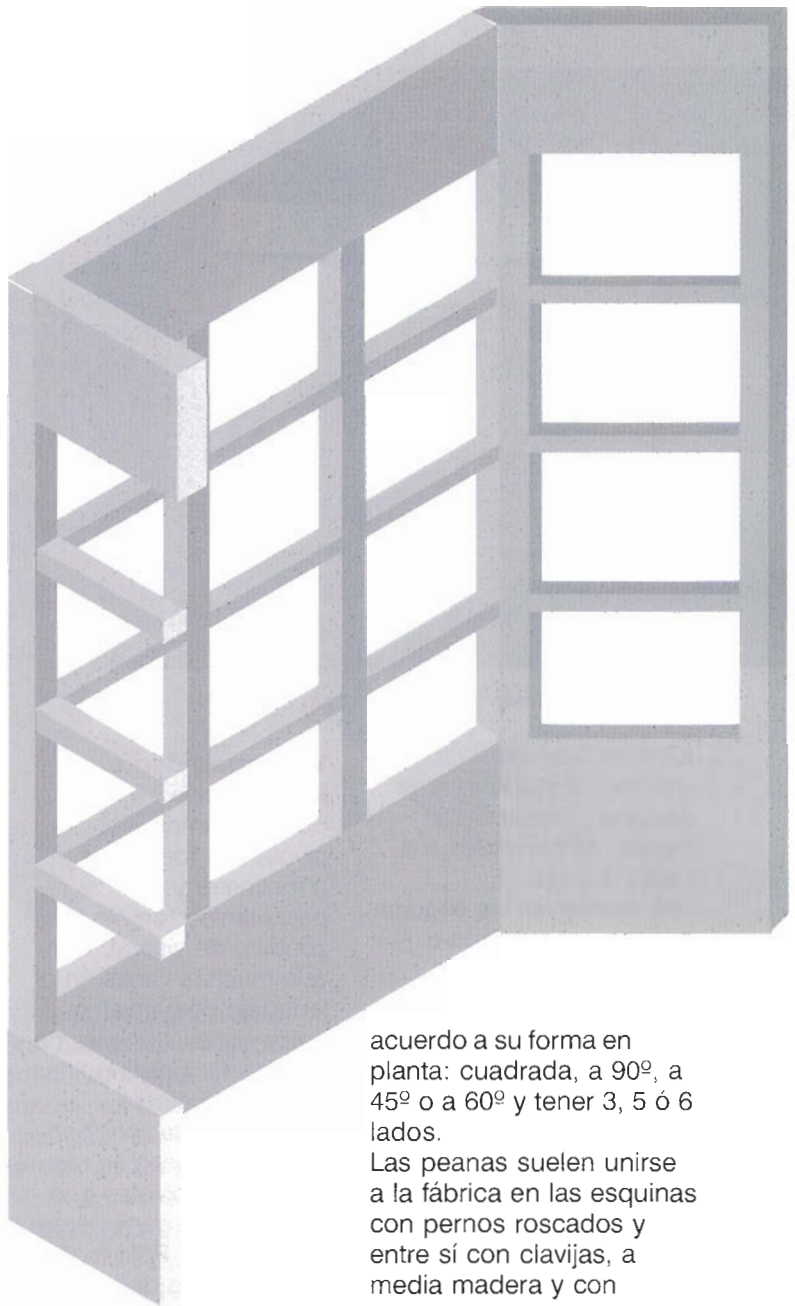
# Ventana Mirador

La ventana mirador o balcón cerrado -en inglés bay-windows- es una ventana que consta de una serie de bastidores o cercos de una o dos hojas pareadas. La ventana frontal suele ser de un ancho al menos triple al de las laterales de una hoja. La mayoría de las bay-windows forman caja y abren normalmente hacia fuera.

Pueden clasificarse de

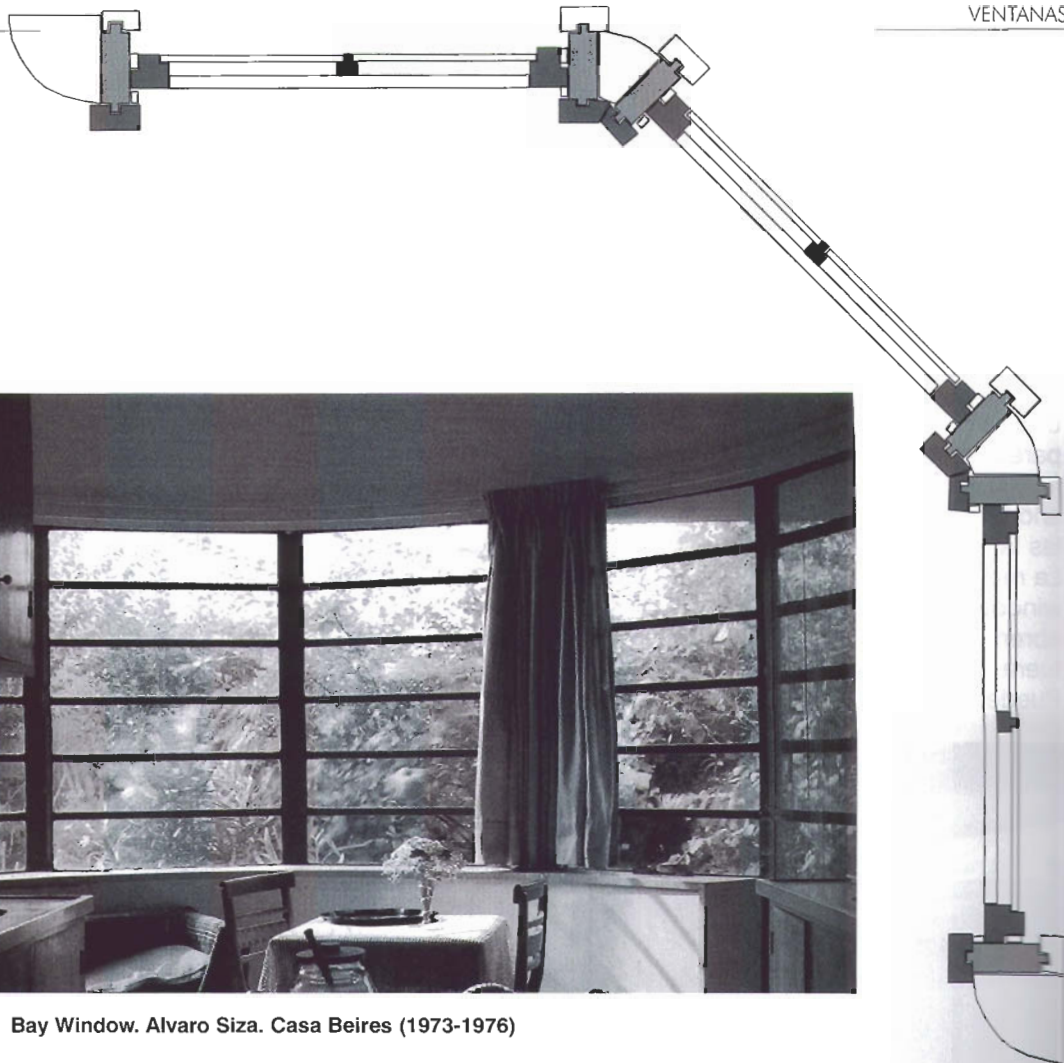


**Adaptación de la Bay Window a la arquitectura colonial Lima (Perú). Siglo XIX**



acuerdo a su forma en planta: cuadrada, a 90°, a 45° o a 60° y tener 3, 5 ó 6 lados.

Las peanas suelen unirse a la fábrica en las esquinas con pernos roscados y entre sí con clavijas, a media madera y con



Bay Window. Alvaro Siza. Casa Beires (1973-1976)

tornillos. Los cabeceros se unen a los montantes de esquina y jambas, a inglete, empernados o a caja y espiga.

Los montantes de esquina pueden ser macizos o formados con piezas encoladas ya que tienen mucha sección. Se rematan con un sofito y se cubren con un alero plano o un tejadillo inclinado. La principal característica de las ventanas de mirador son las vistas, la iluminación y el espacio recogido que crean en el interior.

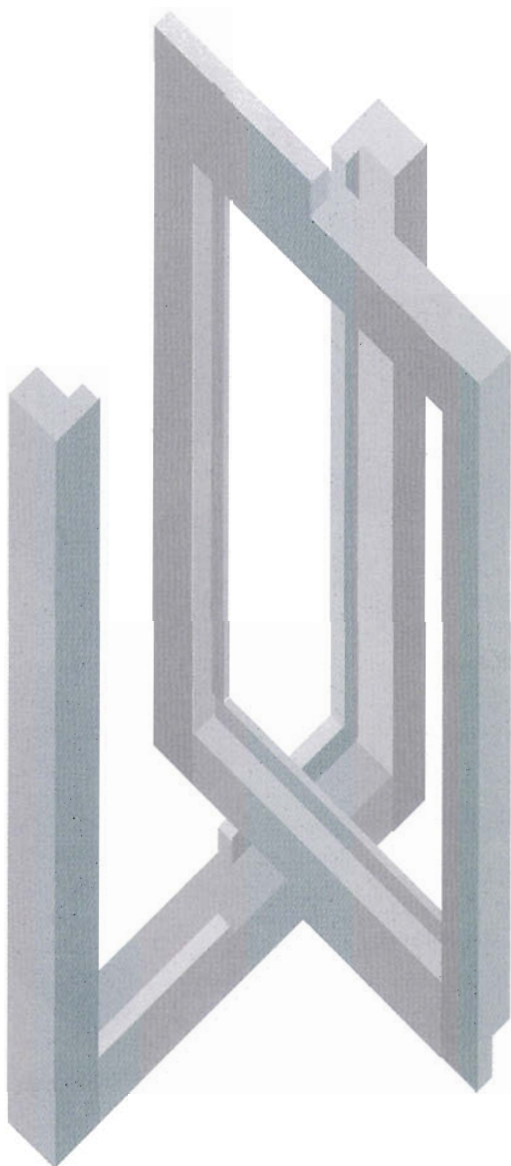
### Ventanas con eje intermedio

Son fundamentalmente las pivotantes (de eje vertical o molinete) y basculantes (de eje horizontal o de visera). Aunque muchas veces en el lenguaje comercial se habla indistintamente de ellas es fácil distinguir las por su etimología. Su eje de rotación (horizontal o vertical) se resuelve con dos pivotes que dejan medio perfil dentro y medio fuera. Para facilitar el equilibrado de la hoja,

los pivotes suelen estar colocados en las inmediaciones del punto medio del larguero o travesaño del cerco, pero no coincide con éste, ya que desplazándolo unos centímetros se facilita la limpieza, porque la hoja nunca gira 180°. Se analizan con más detalle a continuación.

## Ventana pivotante

Por su configuración son ventanas alargadas y estrechas. La ventana pivotante permite una aireación racional y su limpieza es fácil. No abre el hueco en su totalidad lo cual puede convenir según el grado de ventilación y entorpecimiento interior. Su estanqueidad es difícil ya que los pivotes presentan un punto de rotura de la junta. Se pueden equipar con un freno de rotación y dispositivo de bloqueo que las inmovilice en la posición de limpieza. El equipamiento incluye también un brazo que frena a los 60 cm como seguridad ante caídas. Sus principales inconvenientes son la obstaculización interior y la limpieza, a lo que se añade una construcción costosa por el montaje de los accesorios.



## Ventana basculante

Es una ventana que se balancea horizontalmente sobre pivotes laterales. La parte superior de la hoja abre hacia dentro por rotación en torno al eje horizontal hasta 80°, siendo liberable al llegar a la posición horizontal. Por configuración son venta-

nas anchas y poco altas. Son fáciles de maniobrar y adecuadas para grandes superficies o ventanas altas que necesitan moverse con un tirador o un cable. La aireación que proporciona es adecuada bajo lluvia oblicua. El giro completo de la hoja facilita

su limpieza. Si el tamaño lo requiere, se pueden usar cremonas periféricas. La estanquidad es difícil de obtener. Los herrajes pueden manejarse con mando a distancia y se puede adaptar un disposi-



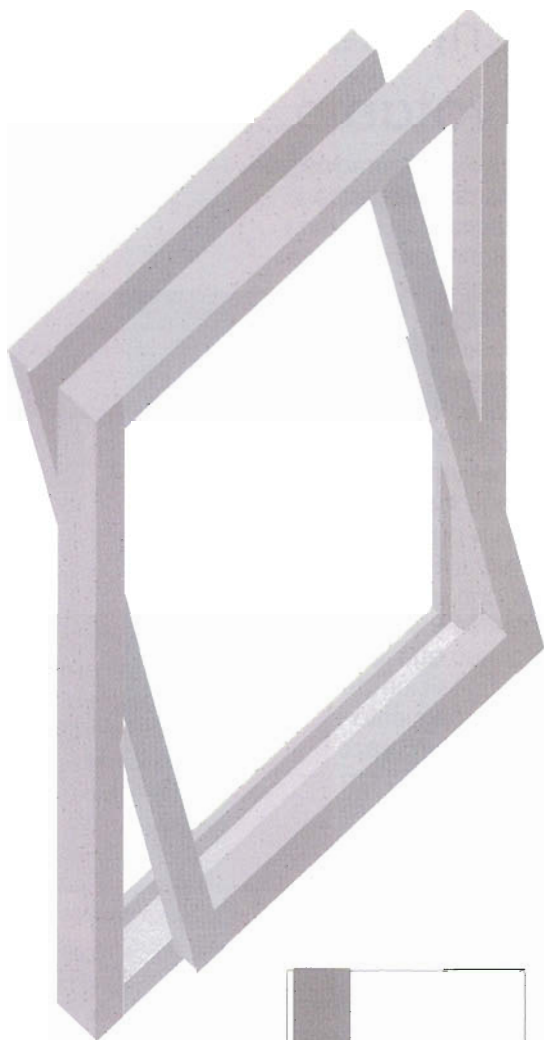


tivo de bloqueo que inmovilice la hoja en posición de limpieza frenando la rotación, así como un limitador de apertura a 60 cm.

### **Ventanas basculantes de hoja rectangular**

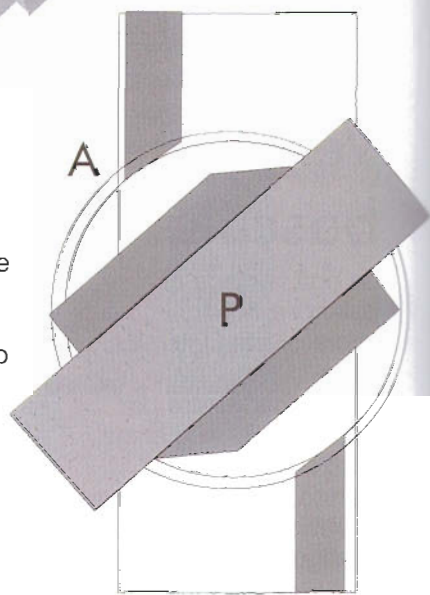
Es el diseño más tradicional y puede llevar vidriado simple o doble. La ventana consiste en un cerco macizo en el cual se encaja la hoja colgada en el centro sobre pivotes. El galce se forma sobreponiendo un perfil sobre el cerco y la hoja. Para que la ventana pueda abrirse, los galces deben cortarse en un cierto ángulo. En posición abierta, la trayectoria del galce rota desde su centro P hasta el punto más alejado del corte A y el ángulo de corte es una tangente a la trayectoria del galce.

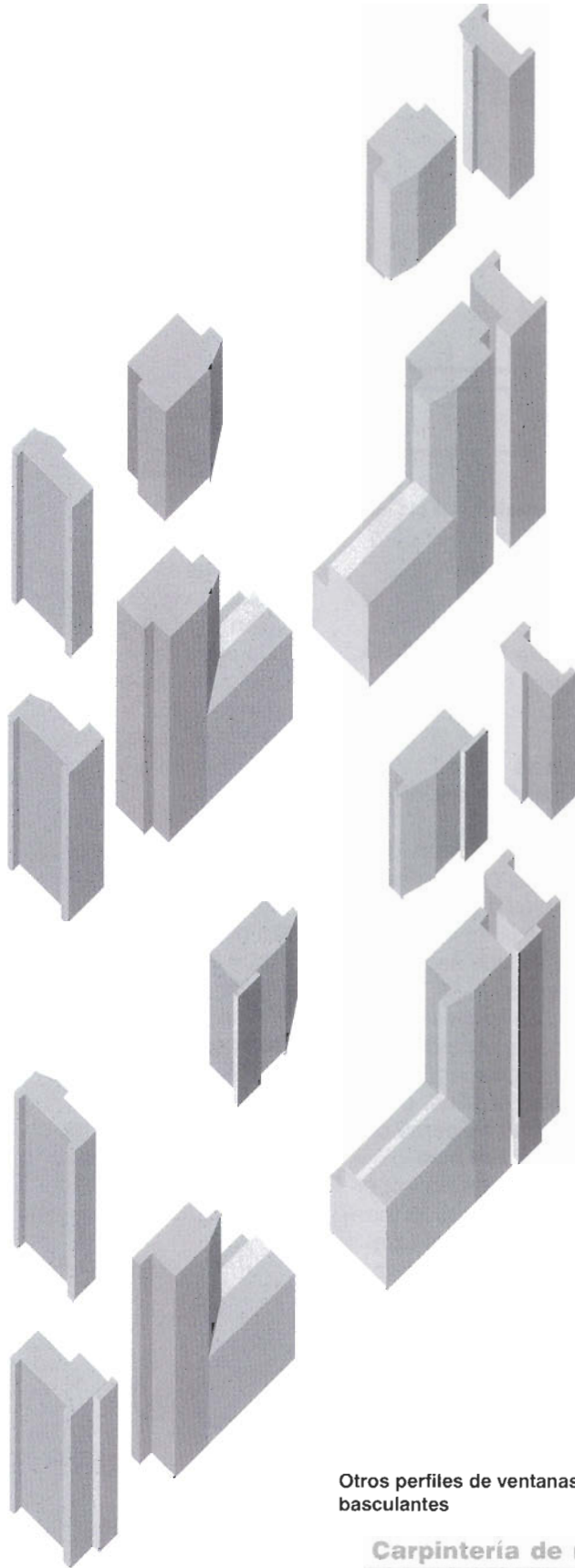
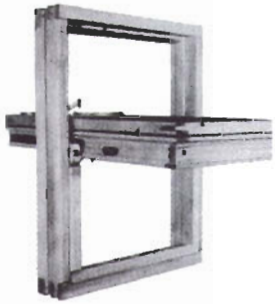
Los galces o guías se clavan a la hoja en su parte interior por encima



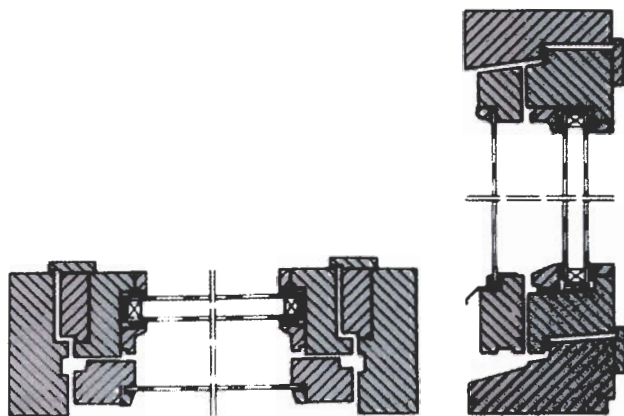
del pivote, y al cerco en la exterior; los inferiores se clavan a la hoja en el exterior y al cerco en el interior.

Los cortes deben ajustarse de tal forma que los perfiles clavados a la hoja giren con holgura respecto al corte de los que están clavados al cerco. El testero superior de la hoja y del cerco deben recibir un bisel o alambor, que puede ser relativamente pronunciado si el radio de





Otros perfiles de ventanas  
basculantes



Ventana basculante de ojo de buey

giro es pequeño. Son típicas de cuartos de baño, cocinas y locales meramente funcionales y de trabajo, colocadas a cierta altura.

### Ventanas basculantes de ojo de buey

Aunque las ventanas de ojo de buey pueden ser practicables a la inglesa o a la francesa, lo más habitual es que sean basculantes.

Se usan en locales con ventilación y vistas limitadas: salas de máquinas, vestidores, pasillos, etc. Hay muchas maneras de construirlas. La más sencilla consiste en superponer dos listones formando galces curvos al exterior para romper la junta por la mitad. Se fijan con tornillos que penetran lo suficiente en ellas hasta quedar ocultos.

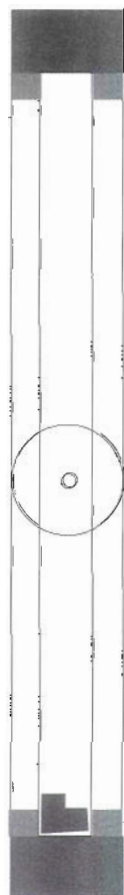
La curva interior del cerco debe dejarse plana alrededor del pivote para permitir el movimiento de la hoja.

Los pivotes se ajustan al cerco a la vez que se nivelan y prolongan el galce exterior.

La holgura de apertura en la parte inferior y superior de la hoja, se reduce completamente en los lados.

Los galces o guías son similares a los de las ventanas rectangulares pero no se deja holgura para poder sacar la hoja. El tope exterior debe quitarse para sacar la ventana.

Otro tipo de pivote consiste en una rosca externa que se encaja en un hueco dejado en el cerco. La ventana se introduce o se saca horizontalmente (Ver capítulo de herrajes)



Sección ventana de Ojo de buey



# Ventanas abatibles

Se trata de ventanas practicables sobre un eje que coincide con el travesaño inferior o superior. Pueden ser maniobradas a distancia mediante dispositivos especiales.

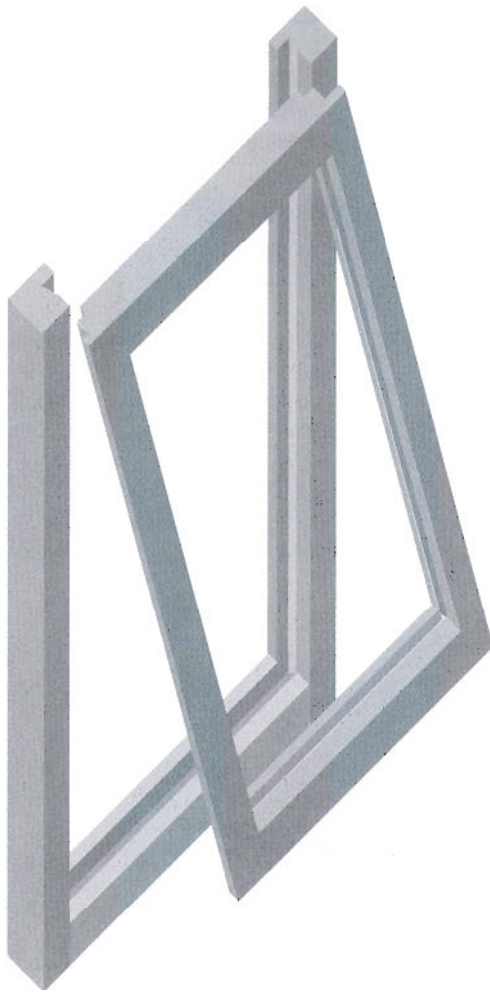
La ventana abatible de eje inferior tiene una aireación correcta incluso con lluvia oblicua pero su limpieza es complicada. Debe tener un sistema para limitar su apertura. Su principal inconveniente es que obstaculiza bastante el espacio interior.

Se emplea como cuerpo superior para lograr una ventilación moderada. En partes altas no obstaculiza el interior y se cierra y abre con cierta facilidad.

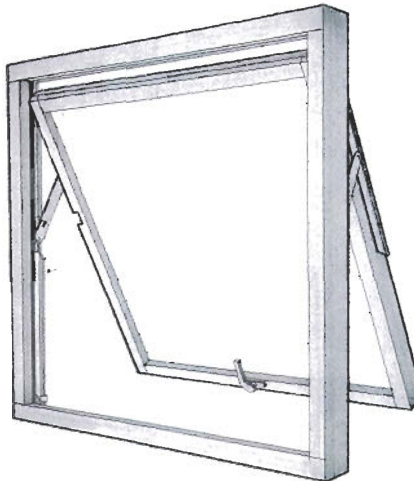
La abatible de eje superior funciona muy bien en ventilación por favorecer la convección, motivo por el que se usa para complementar a un cuerpo inferior con otro tipo de apertura. Debe limitarse el giro con un herraje en clic para que no se cierre con su propio peso.

Son clásicas en aulas porque evitan caídas.

Las ventanas abatibles simples requieren escuadrías importantes.



Ventana abatible de eje superior



**Ventanas a la italiana**

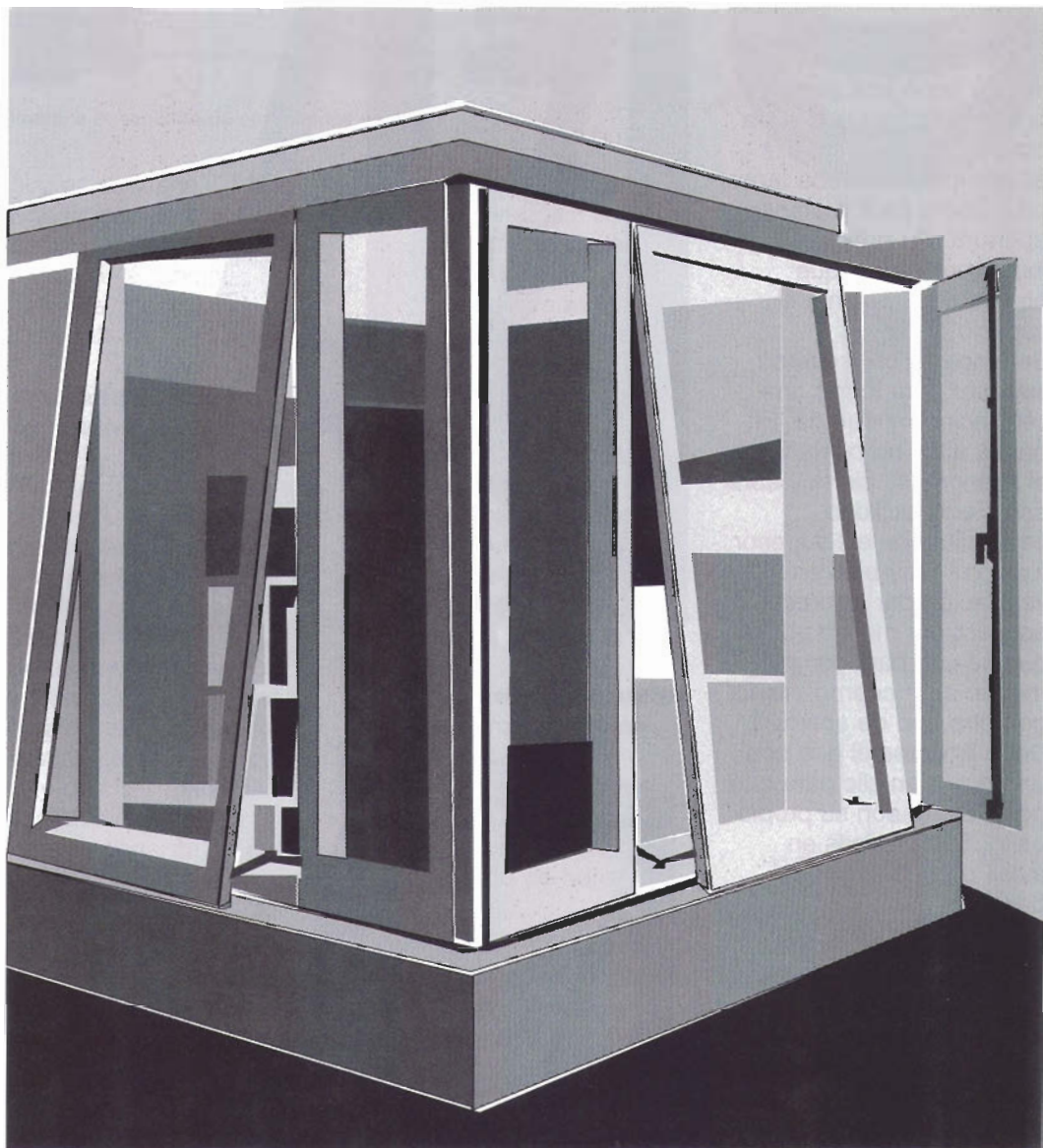
Es una ventana abatible y deslizante por los montantes que les sirven de guía. Se compone de una o varias hojas que se sujetan con bielas que se abren hacia el exterior.

**Ventanas canadienses**

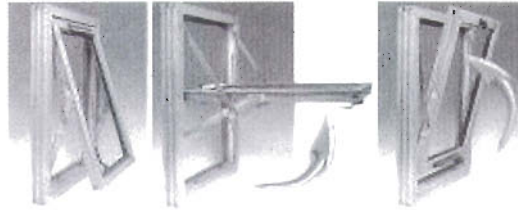
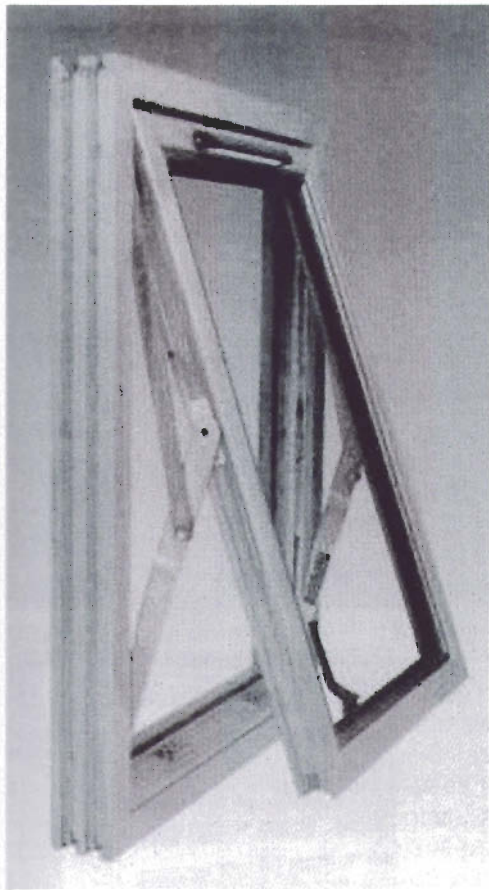
Es el sistema inverso a *la italiana*: las hojas se cuelgan de bielas que se abren hacia el interior.

**Ventanas a la australiana**

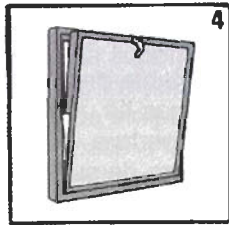
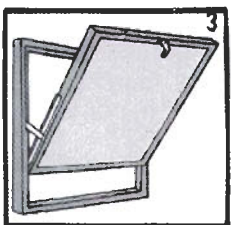
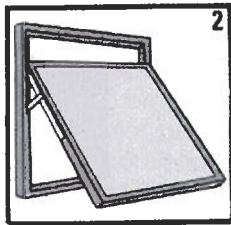
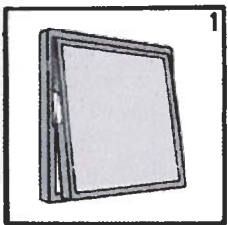
Se componen de dos hojas equilibradas sobre bielas que maniobran por rotación horizontal a través de los ejes de las bielas. Éstas se desplazan por traslación vertical de los travesaños superiores e



Ventanas abatibles. Alvaro Siza. Casa Rocha Ribeiro. 1960-1962

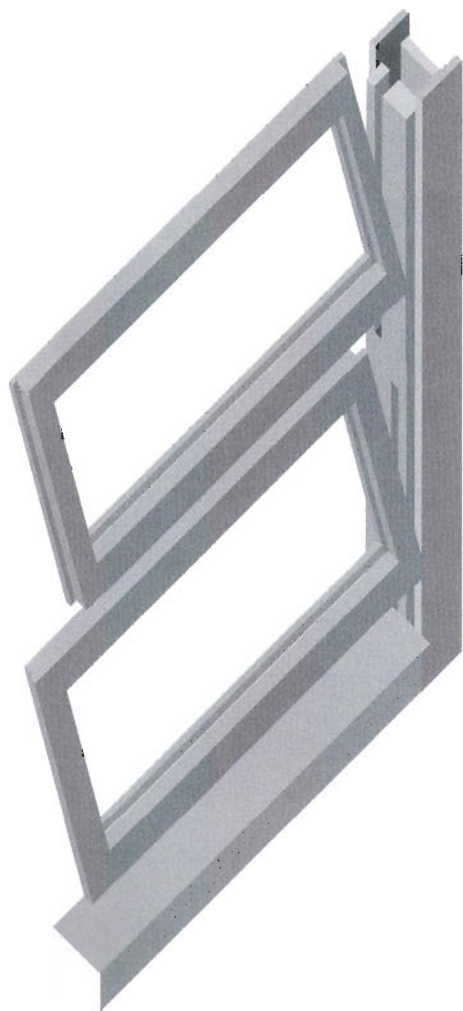


Ventana abatible a la italiana

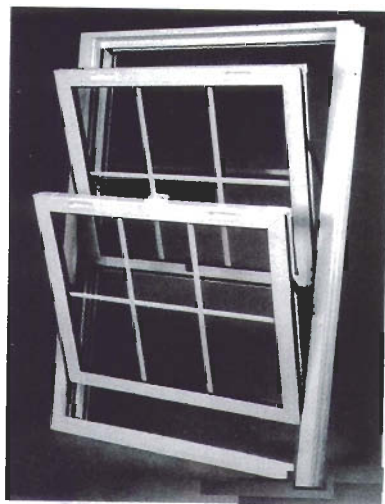
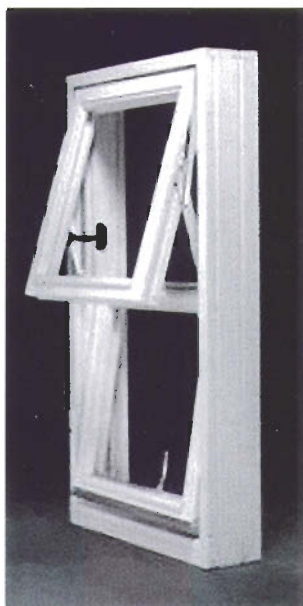


Ventanas abatibles con eje de giro intercambiable (superior e inferior)





Ventanas abatibles a la australiana y a la canadiense



inferiores. Se pueden equipar de un sistema que bloquea las hojas y de otro prensil colocado sobre el travesaño superior del cerco inferior (ver capítulo de herrajes).

### **Ventanas deslizantes o de corredera**

Hay dos clases dentro de la misma familia con

recorrido de la hoja horizontal (corredera propiamente dicha) y corredera elevadora o vertical (ventana de guillotina).

La ventaja más notable de este tipo de ventanas es que permite una apertura sin proyectarse fuera de su plano, aunque tiene como pega que aquella no puede rebasar el 50% de

la superficie del vano, a no ser que se disponga de dispositivos especiales en la pared que permitan alojar las partes deslizantes. Su capacidad de ventilación, por tanto, disminuye.

Su estanqueidad es menor porque las hojas no presionan sobre el cerco.

## Ventanas correderas

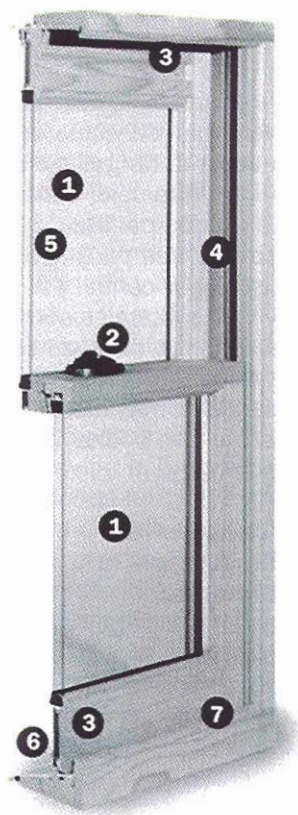
Las ventanas correderas se caracterizan porque las hojas se mueven sobre una ranura o van colgadas de un r il del travesaño superior. Su mayor ventaja es que no interrumpen el espacio inferior y admiten niveles muy variables de ventilación. Su mayor desventaja es que con lluvia oblicua la ventilación del interior se hace imposible. Los elementos deslizantes de gran dimensión pueden deformarse y la limpieza hacerse difícil. Sólo puede abrirse hasta la mitad del vano y debe incorporar un dispositivo que se oponga en cualquier posición a un desprendimiento accidental de las hojas en el vacío. Sus juntas, de cepillo, son menos estancas.



## Ventanas de guillotina

Las hojas se deslizan verticalmente (una detrás de la otra) para abrirse. Consta de un cerco y dos o tres hojas deslizantes verticales. La holgura entre cerco y hoja es de 2 a 4 mm.

Las primeras ventanas de guillotina, como ya se coment  en el capítulo histórico, comienzan en el siglo XVII y eran de construcción muy sencilla. Sin necesitar herrajes de cuelgue, bastaban una serie de perfiles de mecanizado simple y una fijación sencilla de los cristales (masilla sobre puntas). Antiguamente la hoja superior se fijaba al cerco y sólo la inferior se deslizaba sobre una guía sobrepuesta o en una ranura del cerco. Actualmente las dos hojas pueden ser deslizantes. Sin embargo para una mejor protección, se recomienda colocar la hoja exterior fija. La ventana se inmovilizaba por medio de pestañas abisagradas con forma de escuadra colocadas en el montante. La superposición o solape entre hojas, inicialmente de simple yuxtaposición, pasó a tener un cierto relieve en el perfil o a superponer listones. El travesero solapa las dos hojas a través de un galce



- 1 Ambas hojas se inclinan hacia el interior para liberarse
- 2 Pieza de encaje para asegurar la junta de las hojas
- 3 Guías continuas elevadoras
- 4 Las hojas encajan en ranuras laterales para facilitar la maniobra
- 5 Diferentes tipos de vidrio
- 6 Babero de aluminio
- 7 Cerco de madera maciza y eventualmente tratada con productos protectores

o un solape ligeramente biselado (alambor). Éste sirve, además de freno para la entrada de agua y para prevenir el apalancamiento desde el exterior. La elevación e inclinación libera la hoja. La limpieza exterior no es fácil y se necesita antepecho para

contener la hoja en posición de apertura.

### **La ventana veneciana**

La ventana veneciana es una ventana de guillotina con forma de caja, consistente en dos perfiles macizos y tres pares de hojas. El par central es móvil y los laterales son fijos. El cerco consiste en un par de largueros con poleas, dos maineles, un testero y una peana maciza.

### **La ventana de guillotina en la actualidad**

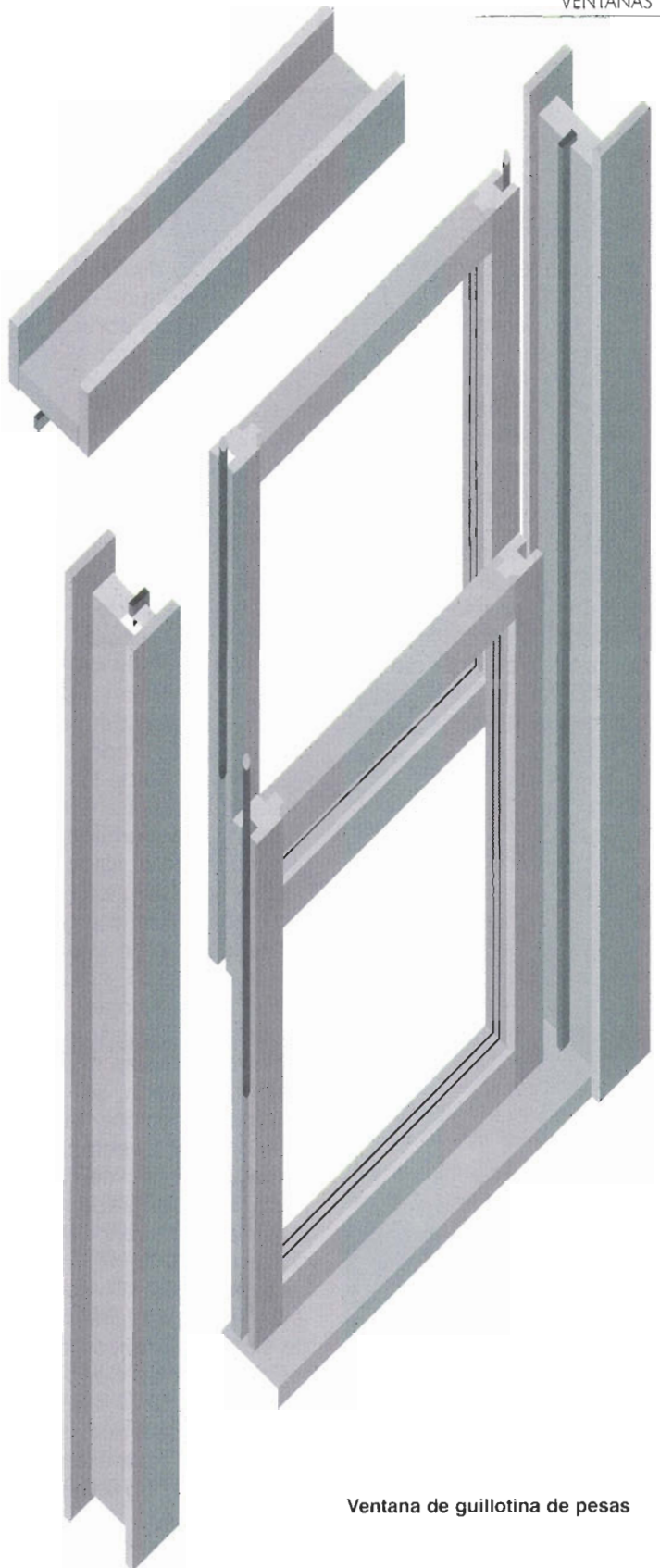
Las ventanas de guillotina se emplean con asiduidad en países anglosajones donde compiten con las ventanas a la francesa y las correderas de aluminio.

Si tiene un mantenimiento adecuado se puede maniobrar fácilmente incluso con vientos fuertes.

Las ventanas modernas llevan un dispositivo que permite el reglaje del paralelismo de las hojas y otro para impedir el descarrilamiento en caso de falsa maniobra.

Para que cada hoja pueda elevarse verticalmente de forma suave, su peso debe equilibrarse de forma precisa con muelles o poleas que se fijan en los largueros de las hojas. Ambos sistemas están muy desarrollados en EEUU y en los países anglosajones.

Estas dos variantes tienen diseños diferentes:



Ventana de guillotina de pesas



### **Ventanas de guillotina con pesas**

Usa pesas y poleas para compensar el peso de las hojas. Es el más aconsejable para ventanas de más de 1,85 m<sup>2</sup>.

Requiere formar a modo de cajas en las jambas que forman un nicho. Así el cerco se forma con un par de largueros o jambas de tablas (de unos 28-32 mm), colocando poleas en su parte superior, de donde cuelgan los contrapesos. Los testeros también se forman con tablas de espesores similares, cerrando el perfil en forma de cajón.

Los ensamblajes entre estas piezas son convencionales (de horquilla, a caja y espiga, o a tope).

Los perfiles de las hojas se ensamblan a caja y espiga o en bisel. Sus escuadrías son relativamente menores (40-56 mm en largueros, traveseros y travesaños intermedios) se mantienen en posición o corren entre guías o rastreles de madera.

Estas guías suelen ser sobrepuestas. Se fijan con tornillos o clavos en la cara interior para poder quitarse fácilmente.

Las hojas se cuelgan de cables metálicos trenzados que corren sobre las poleas. Se fijan con clavos o tornillos embutidos en un ranurado del montante.

Los cables de tejidos sintéticos trenzados pueden fijarse con clavos

remachados o con nudos atornillados. Las cadenas van necesariamente atornilladas.

En viviendas, los cables metálicos se pueden cambiar por fibra artificial mientras en grandes dimensiones se recomienda el uso de cadenas.

Para montar estas ventanas, los cables se cuelgan de las poleas y a continuación se les colocan los pesos. Se cortan a la longitud requerida (con las pesas al fondo de la caja) y se fijan para impedir su desplazamiento dentro de la caja. A continuación se fijan los cables a las hojas.

Las pesas deben colgar claramente separadas de la peana. Si son de acero suelen ser cilíndricas y si son de plomo,

paralelepípedicas. El peso de los dos balancines debe ser aproximadamente igual al de cada hoja para que queden fijas en el punto intermedio deseado, aunque en la práctica se añaden unos 250 gr a las pesas de la hoja superior, y 250 gr menos de la inferior.

Para facilitar el mantenimiento de la caja de contrapesos es conveniente que sea registrable (ver capítulo de herrajes).

### **Ventanas de guillotina con muelle**

El contrapeso se logra con un muelle que va en un cilindro roscado, a su vez alojado en una vaina.

El tornillo roscado sirve para regular la tensión inicial del muelle.

Un extremo se fija en la parte superior del cerco, y el otro, a la parte inferior de la hoja. Cuando la hoja está bajada, el muelle está completamente tensionado y fuera de su vaina. El fleje del muelle se enrosca alrededor de un cepillo de nylon, tipo baqueta, que va adosado al tubo roscado.

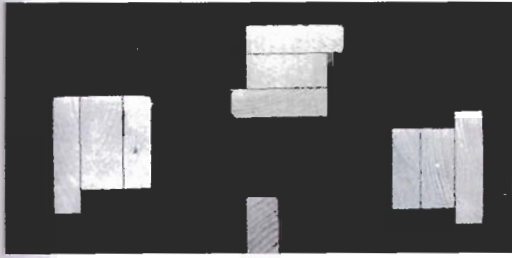
Para evitar la progresiva e indeseada tensión extra, la espiral tiene una pendiente uniformemente creciente, lo que proporciona una elevación uniforme a lo largo de toda la altura.

El tamaño de los contrapesos depende de la altura y el peso de cada hoja acristalada. Existen en el mercado diversos tipos de muelles para hojas con pesos diferentes: las hay de 13, 20 y 45 kg con diferente aspecto geométrico.

Los nichos para las poleas suelen ser de 16 x 16, 19 x 21 y 26 x 26 mm.

Si se debilitaran los montantes por su peso debe aumentarse la sección de las tablas.

Es necesario fijar topes para limitar el movimiento de las hojas arriba y abajo. De otra manera puede dañarse el mecanismo (ver capítulo de herrajes).



Perfiles clásicos de madera laminada para perfiles de ventanas

### Estructura de los perfiles

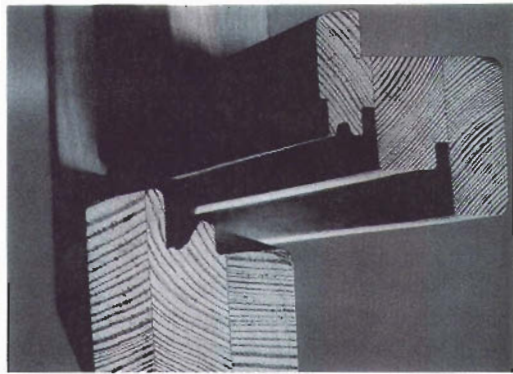
La estructura de los perfiles debe ser simétrica (en especie, estructura de ésta y grueso) ya que las maderas con propiedades y orientación de la fibra similares pueden soportar las tensiones que se producen, las cuales tienen una gran influencia en la durabilidad de la unión encolada. Algunas propiedades de la madera repercuten en la durabilidad de la unión.

Deben tener al menos tres láminas de un grueso mínimo de 15 mm.

Su humedad antes de encolar debe ser del  $13 \pm 2\%$  con una diferencia de humedad

<sup>2</sup>Durante la década de 1980 el Instituto Rosenheim (Alemania) llevó a cabo estudios en laboratorio y en campo partiendo de la experiencia real de los fabricantes alemanes. Se alternaron varios parámetros: una sola especie en el mismo grueso (pino y abeto), distintas especies y distintos gruesos con tres láminas (abeto en el centro y otras en las caras). Además del abeto se emplearon Pino, Roble, Hemlock, Meranti, Sipo y Teca. Se ensayaron cinco perfiles, los más frecuentes en el mercado. Se emplearon tres tipos de colas (acetato de polivinilo, resorcina y poliuretano) con tres tipos de acabados (pintura blanca, barnizado oscuro y en crudo) y se ensayaron 500 muestras.

Por su parte otros ensayos de exposición a la intemperie realizados por el laboratorio sueco Trátek durante un período de 10 años con perfiles laminados de pino demostraron que es posible fabricar ventanas de perfiles laminados con buen envejecimiento. Las muestras, 87 combinaciones diferentes que contemplaban todas las posibles relaciones de los parámetros, 65 de las cuales se situaron al exterior en una orientación sur: unas protegidas totalmente y otras sólo de forma parcial. Se estudiaron diferentes tipos de adhesivos y de métodos de tratamientos superficiales con diferente madera (en albura y duramen) y diferentes intensidades de exposición.



Aspecto típico de una ventana de madera laminada

entre láminas no superior al 2%. Los perfiles que dan mejores resultados son los de tres láminas: la central de despiece radial y las laterales, tangenciales. El espesor ideal del laminado se está estudiando actualmente.

Los drenajes de los galces de los apoyos de los vidrios, que son siempre recomendables en las ventanas de madera maciza, cuando se utilizan perfiles laminados se hacen imprescindibles para evitar los focos de humedad permanentes en la línea de cola.

### Adhesivos.

Las colas empleadas deben ser del tipo 'exterior' y compatibles con los acabados (pinturas y barnices). Se recomienda emplear adhesivo de «alta resistencia» (D4) ya que la más mínima deslaminación de la línea de cola (bastan unas pocas décimas de milímetro) permite la entrada de agua con el consiguiente riesgo de deterioro. El comportamiento de la línea de cola depende principalmente de la resistencia del adhesivo, pero también de la aptitud de éste para soportar la hinchazón y merma de la madera<sup>3</sup>

<sup>3</sup>La investigación ha encontrado diferencias significativas en el comportamiento de la línea de cola para los adhesivos de la clase de alta resistencia (D4 = RF,EPI) y los adhesivos de menor resistencia (D3). Los ensayos relativos a las propiedades resistentes de las uniones encoladas no mostraron ninguna degradación de la resistencia en las líneas de cola

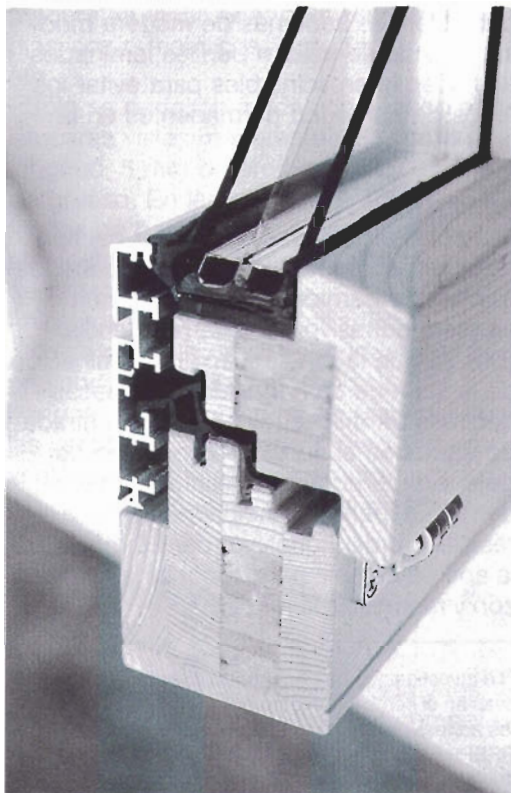
El tipo de cola y las variables de fraguado son determinantes. Destacan las de resorcina aunque su control de calidad es más difícil.

Los detalles constructivos son importantes para moderar la intensidad de exposición de la línea de cola:

- los junquillos deben colocarse al exterior, como medida de protección de los encolados.
- las uniones horizontales sin ningún tipo de protección no soportan la exposición al exterior por mucho tiempo, en cambio las uniones verticales, correctamente realizadas, son mucho más duraderas.
- ningún plano de encolado debe quedar expuesto al exterior.

### Protección y acabado

Los resultados de los ensayos y la experiencia demuestran que las piezas con barniz oscuro se deforman más que las



Madera laminada en perfiles mixtos

pintadas de blanco, y el comportamiento de las ventanas con distintas especies es peor que el de una sola. Aún es peor cuando son asimétricas las especies. El grosor no influye en los resultados finales. Los tratamientos superficiales, correctamente aplicados sobre los perfiles laminados, comunican una buena protección a las líneas de cola frente a los incrementos de humedad, mientras no se dañen y continúen siendo resistentes a la humedad. Las películas de pintura que se rompen, permiten que la humedad alcance la madera y a las líneas de cola impidiendo que se seque, lo que acelera la deslaminación e incrementa el riesgo de pudriciones.

En cuanto a los empalmes microdentados utilizados en el perfil para los empalmes de testa, deben realizarse de tal forma que los dientes se manifiesten sobre el canto de la lámina («dentado horizontal») y no sobre su cara («dentado vertical»), con el objeto de conseguir uniones más protegidas y más estables. El dentado horizontal obliga a un tamaño de diente menor, «microdentado», condicionado por el espesor de la lámina. Por otra parte el ajuste entre los dientes de la entalladura debe ser tal, que no queden huecos entre los mismos, evitando así la entrada de humedades o del agua líquida.

intactas y no dañadas, que tenían el mismo comportamiento después de 10 años. Los requisitos de fabricación son muy exigentes en los siguientes puntos: dosificación de la cola, temperatura y humedad relativa de la zona de encolado y de prensado y tiempos y presión del prensado. Las líneas de investigación actualmente en curso están examinando la influencia sobre la línea de cola de los siguientes factores: envejecimiento, condiciones climáticas, protección contra la intemperie, tecnología de fabricación, materiales difíciles de encolar, combinaciones de materiales, diseño de los perfiles y fabricación en continuo. Los métodos de ensayo desarrollados se están evaluando para su posible inclusión en las normas europeas de especificaciones. No se apreció diferencia de humedad entre las distintas colas. En los ensayos a la intemperie de las líneas de cola expuestas al sol se abrían (más en el caso de colas de acetato de polivinilo y barniz oscuro en los peores meses: agosto y septiembre). Se concluyó que las colas empleadas debían ser del tipo exterior, estudiando la compatibilidad entre cola y acabado y el control de la temperatura de las piezas durante la fabricación de la madera laminada entre 15 y 20° C.



# Perfiles de madera-aluminio

Estas ventanas tienen su origen en Suiza entre los años 1920 y 1930. Tras la Segunda Guerra Mundial alcanzaron un gran desarrollo en Alemania. En Italia su introducción fue más tardía pero es donde ha alcanzado más expansión. De hecho las primeras ventanas mixtas que entraron en España en los años 80 eran italianas.

La ventana de madera y aluminio, estaba formada inicialmente por un chásis de madera recubierto en su parte inferior por unos perfiles de aluminio que la protegían de las inclemencias atmosféricas. Más tarde el aluminio recubre la totalidad del exterior del chásis, actuando exclusivamente como revestimiento. Actualmente las secciones de aluminio y madera son equivalentes o incluso con más aluminio, especialmente las que han incorporado tableros de fibras chapados en lugar de madera. Los primeros prototipos eran oscilo-batientes pero después vinieron las abisagradas, aunque siempre con secciones importantes, entre 65, 70 y 75 mm por ser además de doble cristal.

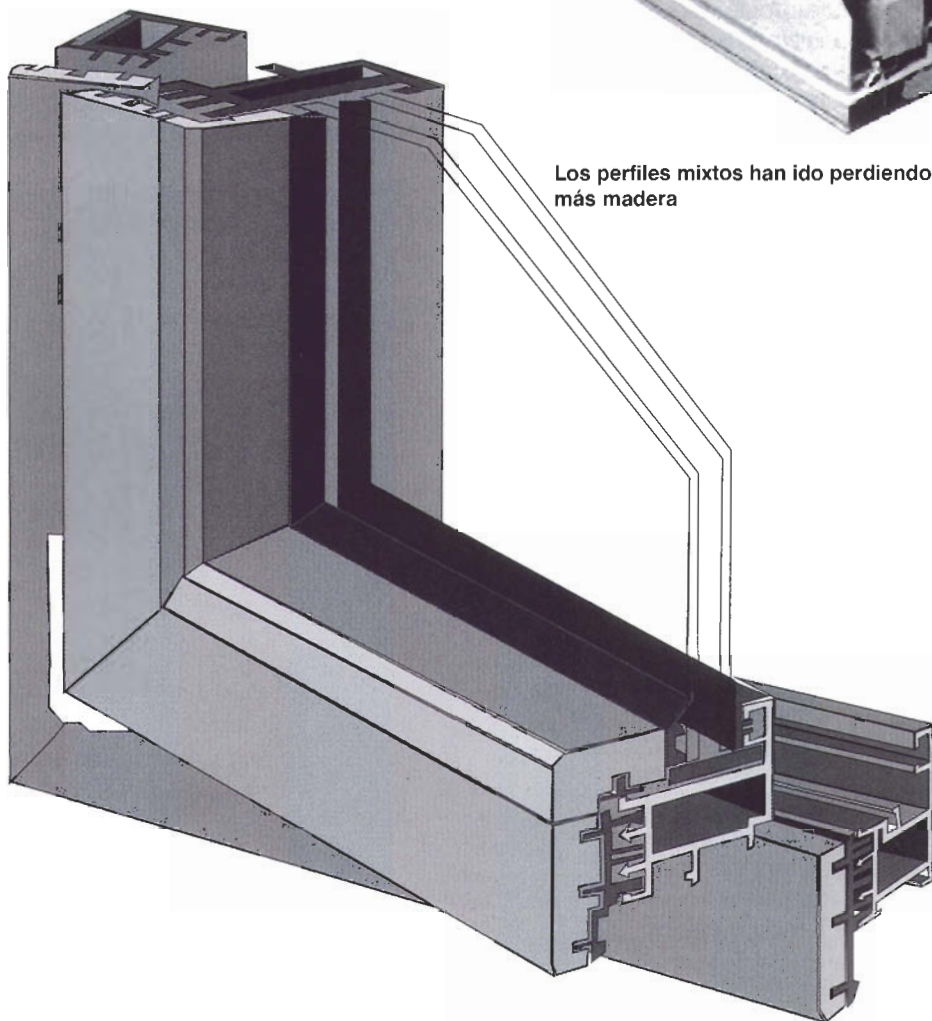
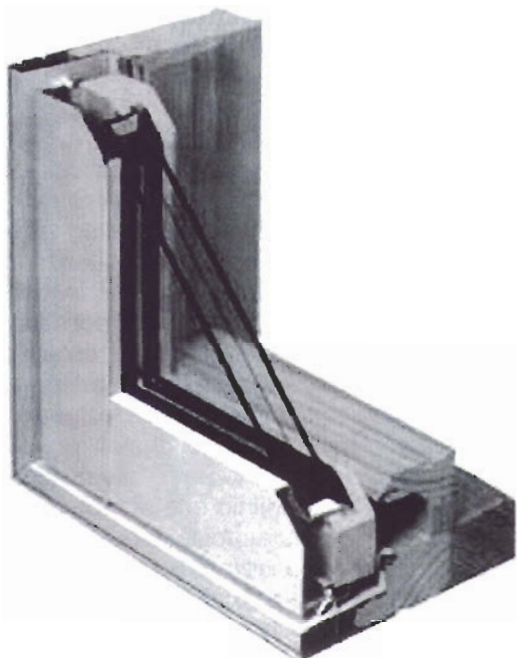
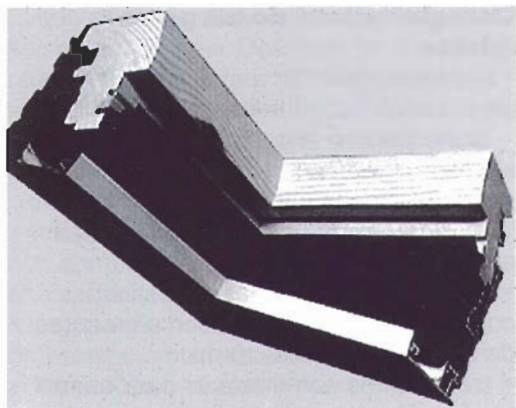
La ventana mixta madera-aluminio es el producto de carpintería más sofisticado actualmente ya que no requiere mantenimiento, emplea la tecnología más avanzada y proporciona las más altas prestaciones dejando al interior la calidez y la belleza de la madera y al exterior la protección del aluminio. Su precio es el más elevado.

Su grosor le permite colocar vidriados en torno a 23 mm, un acristalamiento que la ventana tradicional sólo puede soportar con perfiles superiores a los 68 mm, requiriendo para ello escuadrías de madera aserrada de 75 mm, como las que se emplean en zonas frías como Alemania y países nórdicos.

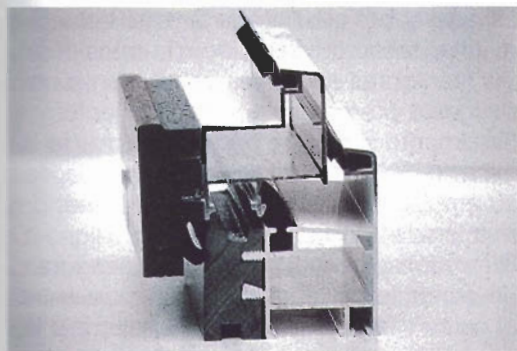
Suelen tener doble junta de estanqueidad y doble vidriado.

## Características de los perfiles mixtos

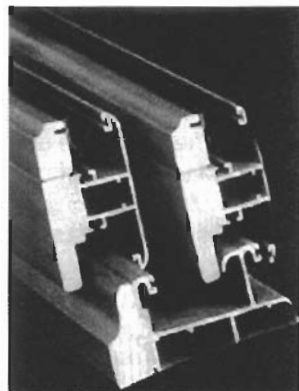
- Los ensambles en ángulo de los chásis de aluminio deben ser estancos
- La ventilación entre la madera y el aluminio, fundamental para evitar condensaciones interiores que dañarían la madera, exige una distancia mínima entre los dos materiales de 5 mm.
- Por emplear materiales de distinta conductividad, se introducen elementos de ruptura de puente térmico
- Las uniones son elásticas para absorber las diferentes dilataciones de ambos materiales; no hay que olvidar que el coeficiente lineal de aluminio es 5 veces superior al de la madera. En los últimos años se está generalizando el relleno de los huecos entre la madera y el aluminio con materiales elásticos -resinas de alta densidad- o pletinas de poliamida que satisfacen de forma conjunta ventilación y dilatación.
- Debe asegurarse una resistencia mecánica adecuada al arranque de los perfiles de aluminio.



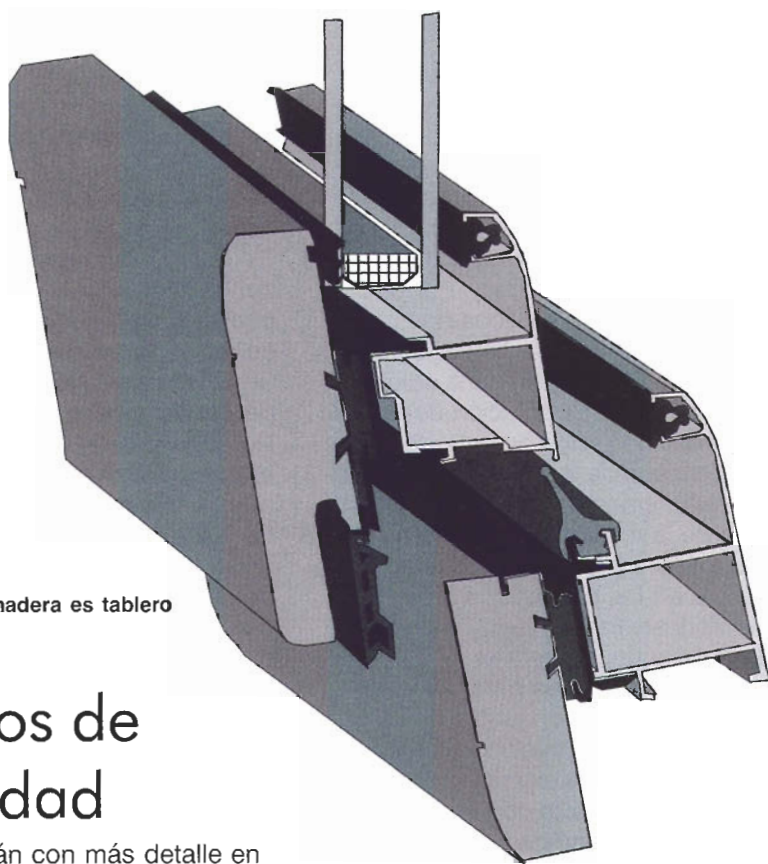
Los perfiles mixtos han ido perdiendo cada vez más madera



Este perfil mixto se acerca más a un perfil de aluminio revestido de madera



Los perfiles mixtos con tablero de fibras revestido se caracterizan por sus formas más redondeadas



Perfil mixto donde la madera es tablero MDF rechapado

## Accesorios de estanquidad

Aunque se analizarán con más detalle en los apartados correspondientes, dos elementos son importantes para completar el diseño de la ventana moderna: los herrajes y las juntas.

### Herrajes

En la carpintería tradicional, al cerrar la

ventana, la junta debía recuperar la estanquidad. Esto sólo se logró cuando los perfiles se comprimían fuertemente a través de las españoletas que presionan en toda su longitud, las hojas contra el cerco, superior e inferiormente, mientras



sujetan las hojas entre sí en el centro. El mismo efecto se consigue actualmente con la falleba y las juntas.

El mejor contacto es el continuo por lo que hay herrajes que actúan en un mismo plano en todo el perímetro la ventana.

### Sellados y juntas

La estanquidad al agua, íntimamente relacionada con la estanquidad al aire, es crítica en tres planos de contacto: entre hoja y cerco, entre vidrio y hoja y entre cerco y obra. Para mejorarla se emplean juntas elásticas y sellados sintéticos.

La estanquidad entre hoja y cerco se logra con juntas elásticas metálicas o a base de polímeros. Estos accesorios no quitán interés al diseño de los perfiles como demuestran los ensayos de laboratorio: para bajar la permeabilidad teóricamente bastaría reducir el juego entre cerco y hoja. Sin embargo, la precisión exigida para ello (1/10 mm) es incompatible con la fabricación artesanal o industrial y con la maniobrabilidad. Por otro lado cuando el viento provoca una presión determinada del aire sobre la película de agua no basta para frenarla sólo con el diseño del perfil. La solución de la junta elástica proviene próximamente del cierre de las puertas de la industria del automóvil pero remotamente viene de las juntas elásticas de la mecánica de motores, conducciones a presión, etc. Juntas que, compensaban las pequeñas irregularidades de fabricación, montaje y deformaciones de trabajo de los perfiles.

Las primeras soluciones para las ventanas a la francesa fueron juntas de estanquidad de compresión tipo-tubo, dispuestas en la cara exterior de la hoja, asegurando el contacto con el cerco. Los resultados de estanquidad al agua fueron malos por el efecto rebote. Además el poder de recuperación era limitado y requería un esfuerzo de cierre que producía una deformación permanente en las hojas.

Después se colocaron en el galce, asegurando la estanquidad por un contacto

situado sobre el canto de la hoja. Los resultados inmediatos fueron buenos pero las maniobras sucesivas conducían a un desgaste prematuro por cizallamiento. Finalmente lo que se ha visto es que la eficacia de estos accesorios depende de su emplazamiento y de su elasticidad, mantenida a lo largo del tiempo.

Su misión principal consiste en asegurar un contacto permanente y continuo entre el cerco y la hoja (evitando por ejemplo la posible discontinuidad por doblado en las esquinas del batiente). Debe ser flexible, fijarse sólidamente a la carpintería, absorber las variaciones dimensionales de los perfiles y no oponer reacción a la maniobra. Deben ser estables a la luz y resistentes a la intemperie.

Por su facilidad de colocación se recomiendan perfiles metálicos y plásticos. Los perfiles metálicos (acero inoxidable o latón) trabajan a flexión, y los de síntesis (elastómeros, policloroprenos, neopreno, PVC, caucho, siliconas, etc.) trabajan a compresión. Pueden quedar vistas u ocultas y según su forma, abiertas o cerradas, acústicas...

Se colocan siempre detrás de la cámara de descompresión.

No es recomendable el uso de varias de ellas en una misma carpintería porque producen discontinuidades.

En las ventanas a la francesa de dos hojas hay que añadir que el talón colocado detrás de la cámara de descompresión debe desplazarse en relación a la lengüeta a fin de asegurar un mejor recubrimiento al batir y un mejor corte en las esquinas. El desfase entre la posición cerrado y abierto es recomendable que esté entre 3 y 4 mm.

La estanquidad entre vidrio y hoja hasta hace poco se lograba con masillas; actualmente se utilizan productos sintéticos llamados mástics. Los mástics más generalizados son las siliconas pero hay que tener en cuenta su correcta dosificación para que no se produzca una deficiencia de sellado en ningún punto. Las

pérdidas de estanquidad por los selladores del vidrio se solucionan con sistemas de drenaje rápido.

La estanquidad entre cerco y obra puede asegurarse mediante sellados especiales, morteros y juntas elásticas.

La capilaridad se evita previendo un solo plano de contacto duro, eventualmente completado por un perfil de contacto flexible, reemplazando los perfiles redondeados por ángulos vivos y previendo juegos importantes allí donde el contacto es innecesario. Un solo contacto efectivo, formando una barrera continua es más eficaz que muchos; la práctica muestra, en efecto, que si se realiza por zonas es poco eficaz y genera infiltraciones.

### **Secuencia lógica del diseño del perfil**

1. Para conseguir el cierre (estanco) se parte de un solape simple. El más sencillo es el galce, donde se encuentran los bastidores de hoja y cerco.
2. Para recibir el vidriado se necesita el apoyo de un diedro o nuevo galce y por el otro lado una fijación (junquillo)
3. Para que el agua de escorrentía resbale por los perfiles, éstos deben tener una cierta inclinación, y las juntas horizontales deben protegerse con vierteaguas.
4. Para que el agua (de escorrentía o capilaridad) no penetre por la presión externa del viento, hay que colocar juntas de estanquidad elásticas, sellar vidrios y juntas de obra y colocar cámaras de drenaje.

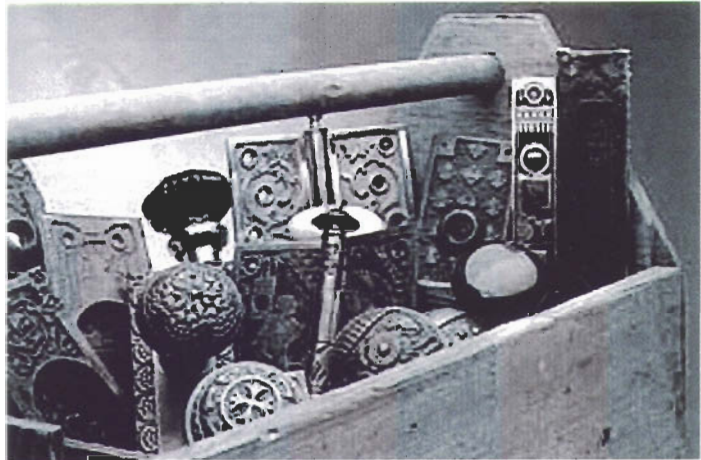
# Herrajes para ventanas

Los herrajes tienen tres misiones bien definidas: unir las hojas a los cercos manteniendo la estanqueidad, resistir los esfuerzos del viento y permitir la apertura de la ventana, absorbiendo los esfuerzos de maniobra. En consecuencia existen fundamentalmente dos tipos de herrajes, los de cuelgue y los de cierre. Los herrajes se adaptan a las distintas tipologías de ventanas -balconeras, ventanas a la francesa, correderas, de guillotina etc.- y al tipo de junta elegido.

La madera, por ser un material fácilmente mecanizable (corte, cajeado, ranurado y taladrado), admite la fijación de una gran diversidad de herrajes de cuelgue y de cierre.

El diseño, concepción y método de fijación de los herrajes no deben restar cualidades a las ventanas permitiendo su fácil reposición y mantenimiento.

Es comúnmente aceptada una durabilidad al uso de 7.000 ciclos de simulación, tras de los cuales debe darse un correcto funcionamiento de los sistemas de apertura y cierre.



Actualmente se fabrican de forma industrial la mayoría de los herrajes siendo la tendencia más avanzada aquellos que pueden ser ajustados con medios mecánicos en fábrica. Esto empezó a realizarse en Suecia, para fabricar carpinterías totalmente acabadas.

Tanto los herrajes de cierre como los de colgar se someten, como ocurre en la mayoría de los productos, a ensayos normalizados<sup>1</sup>.

Se pretende que sean robustos, que resistan al desgaste y a la corrosión (por estar expuestos a la humedad) y que sean desmontables.

Los herrajes no deben

cortar la continuidad de los perfiles y deben permitir un cierre progresivo para compensar pequeñas variaciones dimensionales.

<sup>1</sup>El AEN/CTC es el comité de AENOR que se ocupa de la certificación de herrajes para carpintería. Actualmente tiene certificados solamente los dispositivos antipánico y emergencia (normas UNE-EN 1125:1997 y UNE-EN 179:1997). A nivel de normas la mayoría de los herrajes que cuentan con normas UNE-EN son los de puertas destacando para ventanas las normas prEN 12365 de juntas y burletes y la prEN 13126 de herrajes para ventanas y balconeras.



# Evolución histórica

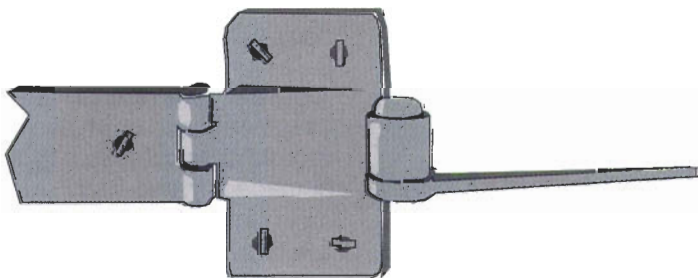
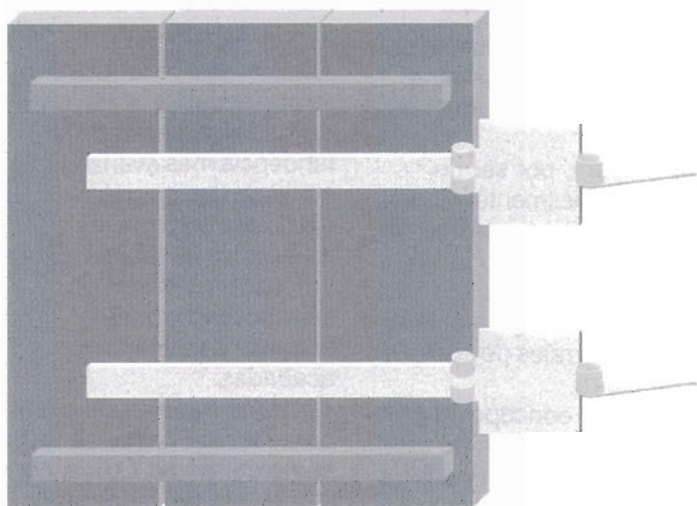
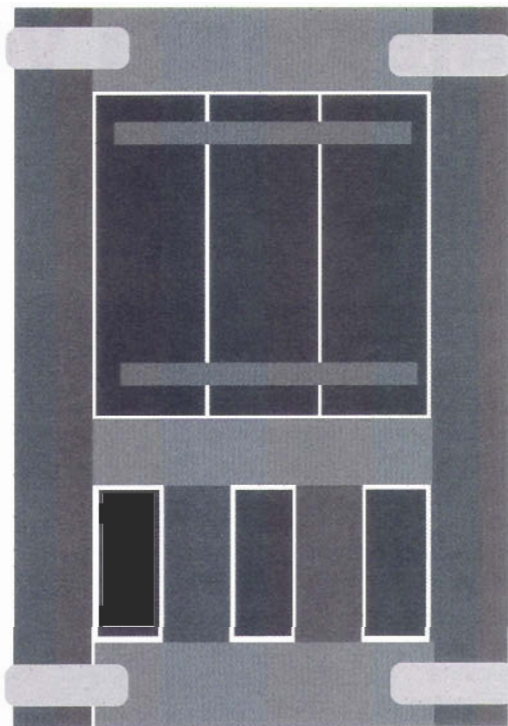
## Herrajes del siglo XV

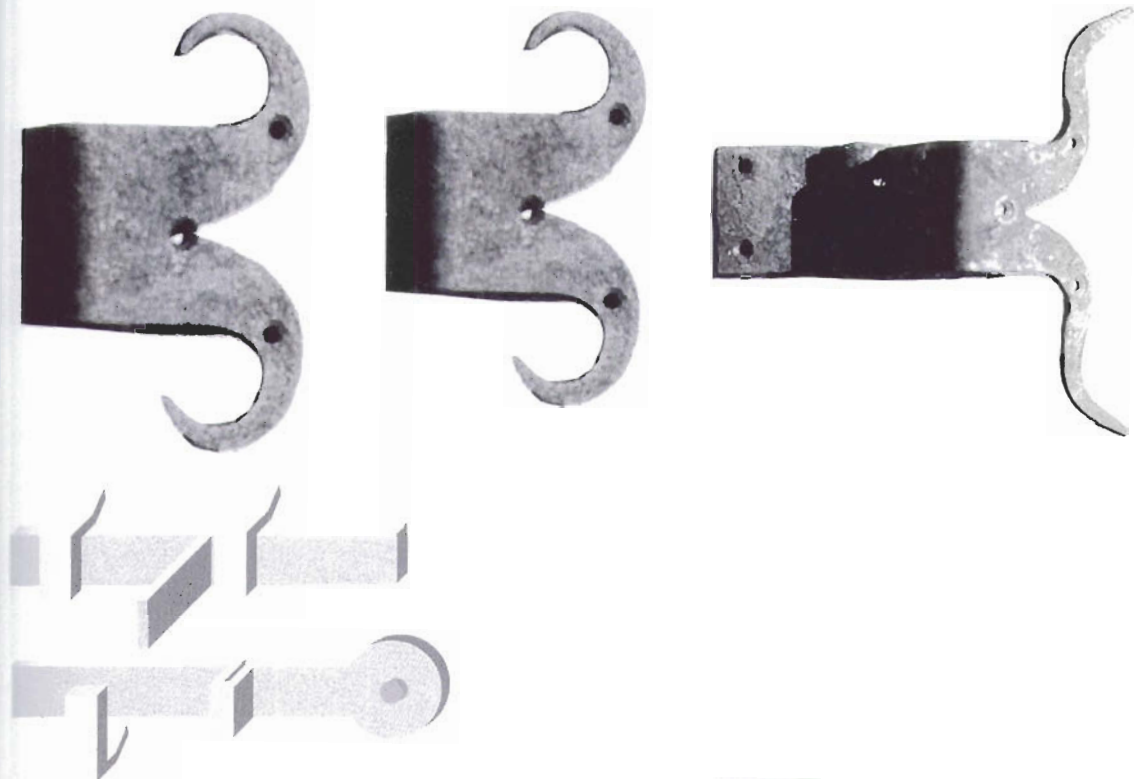
Los primeros herrajes fueron de hierro forjado; eran simples pasadores, cerrojos o pestillos que se ajustaban en armellas sobre el cerco o en el muro. Actuaban por deslizamiento horizontal y bloqueo, pero no presionaban las hojas.

El postigo se bloqueaba también con un pestillo sobre el cerco y el cerco se colgaba de obra.

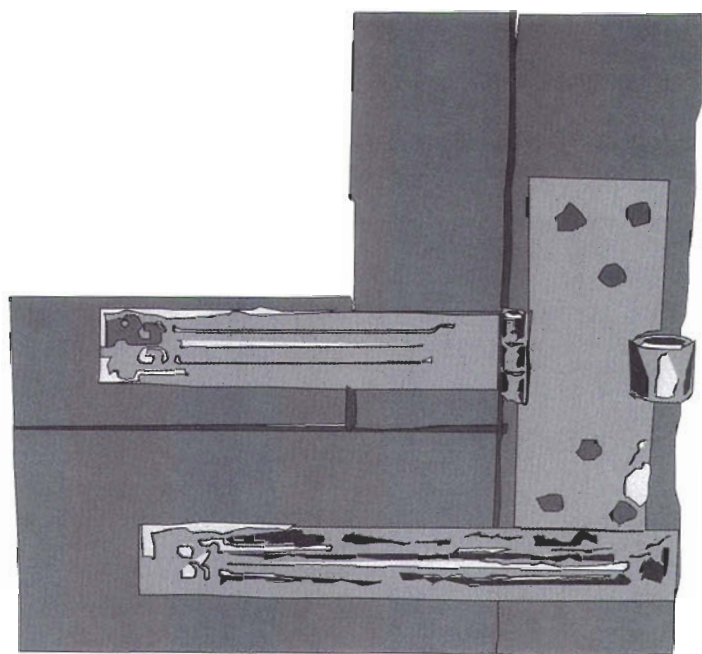
Los herrajes de cuelgue son goznes que se fijan, a modo de clavos de hierro forjado, en el muro mientras se clavan sobre el cerco con bisagras de 3 cuerpos con palas muy alargadas.

La rigidez del bastidor, a falta de buenos ensamblados (suelen ser a media madera), se refuerza con llantas de hierro batido de formas decorativas, pisando a veces sobre una tela noble para proteger la madera (arpilleras, terciopelo, etc.).

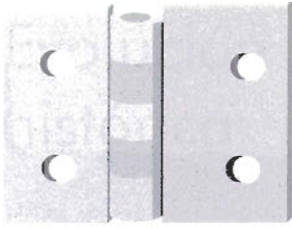




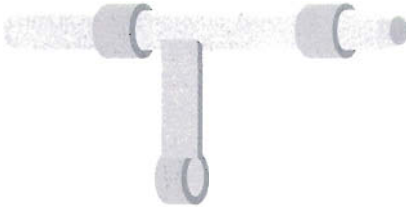
Herrajes de cierre del siglo XV



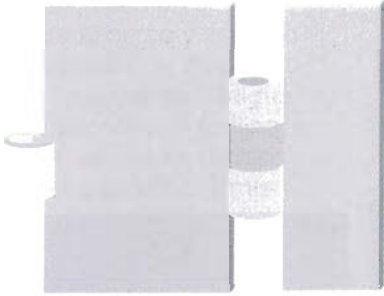
Detalle de unión entre hoja y cerco. La hoja se cuelga del cerco con bisagra de pala ancha y el cerco a obra, con gozne. El ensamble se refuerza con un fleje metálico



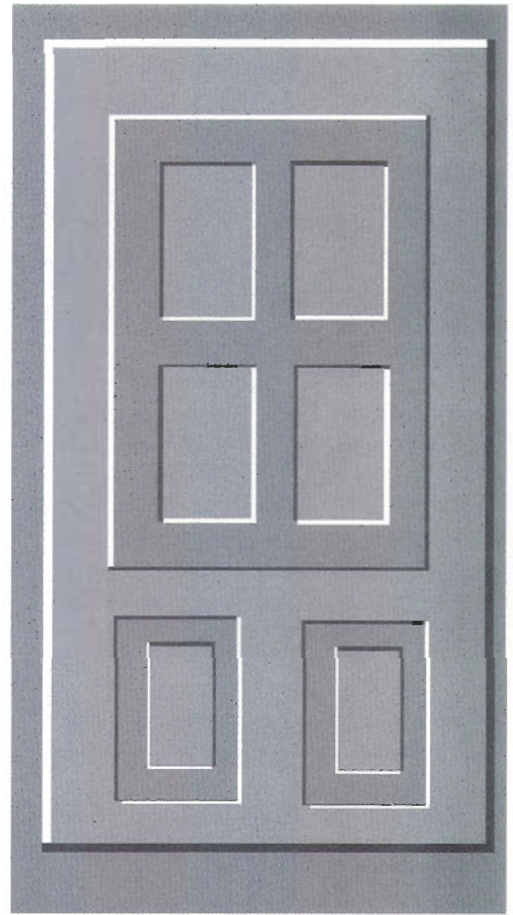
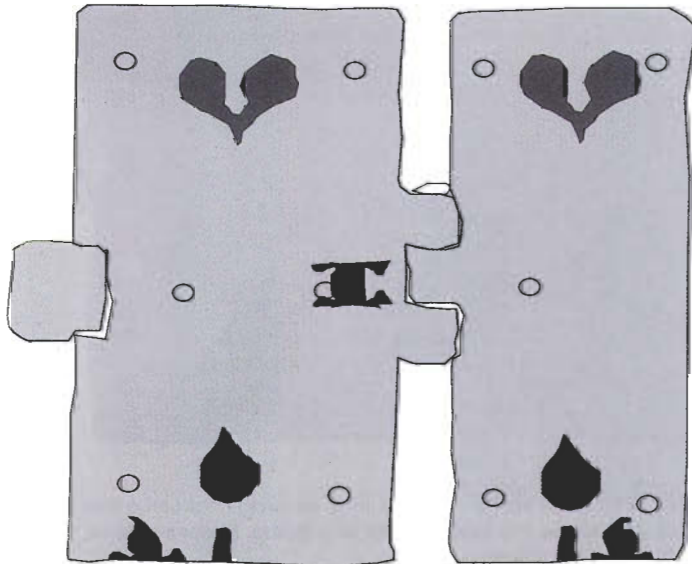
Bisagra en ventana francesa siglo XVI



Cerrojo siglo XVI



Bisagra para postigo del siglo XV, unida a gozne, el cual encaja en la pared. Arriba, en esquema. Abajo, ornamentada

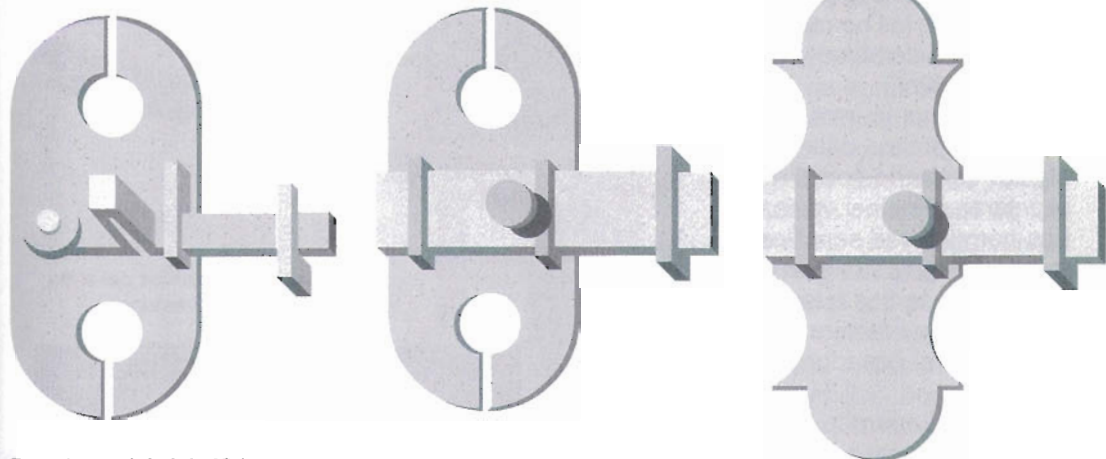


Ventana francesa del siglo XVI



Pasador español del siglo XVII





Pasadores del siglo XVI

### Herrajes del siglo XVI

Los herrajes siguen siendo de hierro forjado. Los de cuelgue cambian de sistema de giro en hojas y postigos; ya no son goznes sino bisagras sobrepuestas al perfil con palas más cortas, que se remachan con puntas metálicas. La mejora de la resistencia se debe al mayor número de nudos de la bisagra (en torno a 5 anillas). Las palas tienen diferente dimensión dependiendo del tamaño de los postigos. Con una altura en torno a 70 mm, su núcleo es grueso -de unos 11 mm- y las alas entre 25 y 42 mm. El ala más ancha es la que se clava en la hoja de la ventana.

Las bisagras que se utilizan para asegurar el postigo al cerco son más pequeñas; de unos 58 mm; su núcleo de 9 mm y las alas, de 25 a 40 mm. Gracias a las bisagras

mejoran las maniobras más imprecisas de los goznes. Los herrajes de cierre siguen siendo pasadores o pestillos para el cerco y para el postigo, aunque con formas más elaboradas de acuerdo a la moda. El pasador corre horizontalmente entre dos anillas de hierro batido; el pestillo gira sobre un pivote y encaja en un perfil en L. El cerrojo es más seguro frente al intrusismo y se coloca en las hojas. El pestillo se coloca en las hojas. El conjunto se fija al muro con pernios de hierro forjado.

### Herrajes del siglo XVII

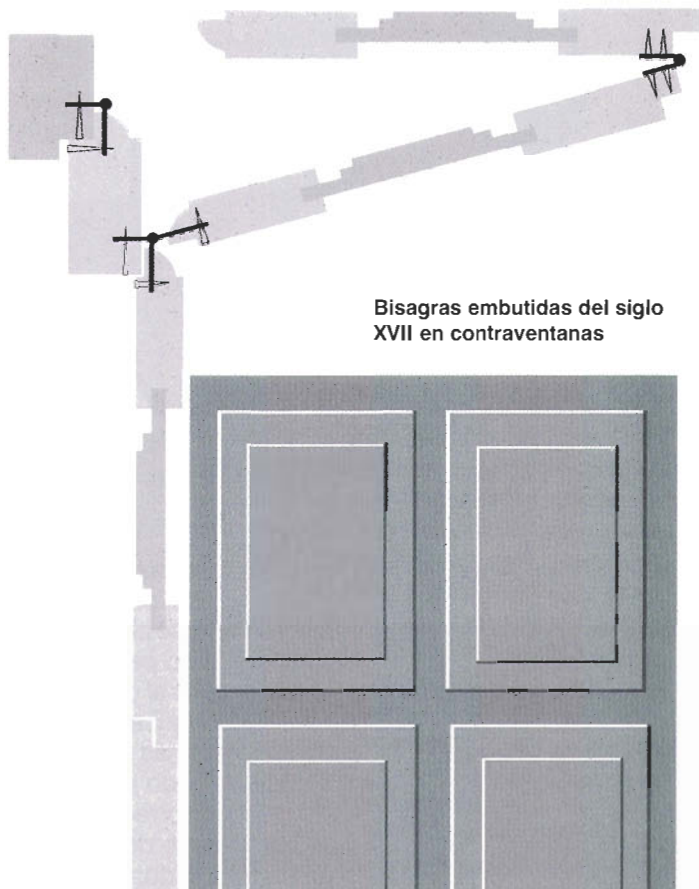
La factura de los herrajes se mejora considerablemente en el siglo XVII.

Hasta que no se introduce la españoleta los batientes siguen cerrando sobre un montante o mainel vertical. Los herrajes son sencillos: los de cuelgue son goznes y bisagras de tres cuerpos pero de mejor factura, y los de cierre, pasadores y cerrojos.

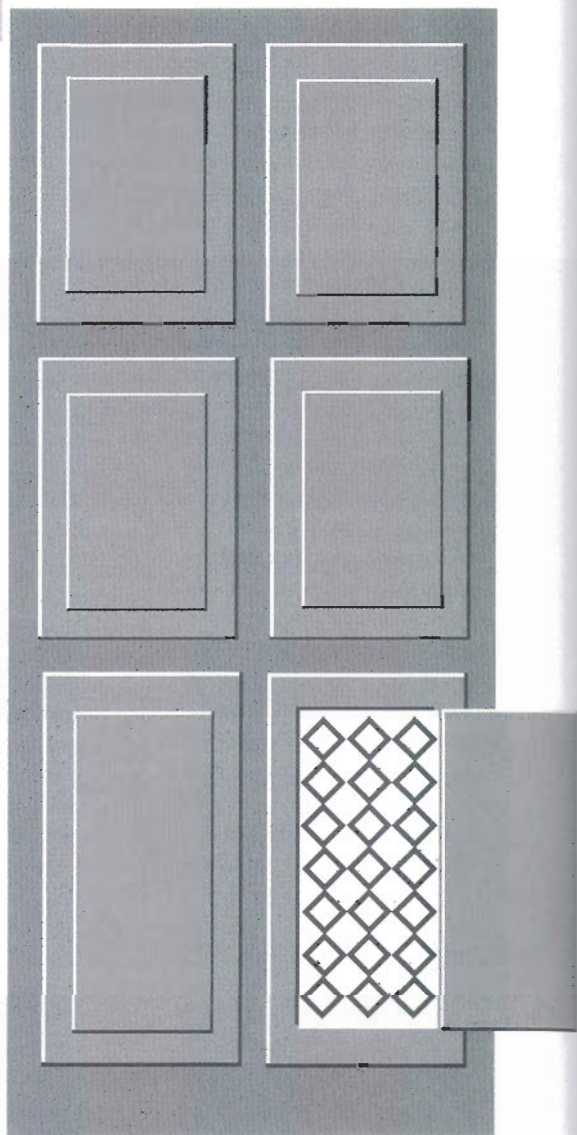
La novedad aparece en los postigos que giran gracias a bisagras embutidas en el perfil, de unos 2 mm de grueso, de forma que quedan ocultas.



Clavo de fijación del herraje al bastidor (siglo XVII)

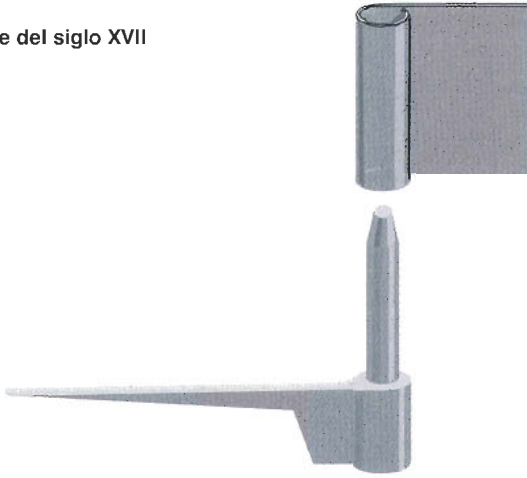


Bisagras embutidas del siglo XVII en contraventanas



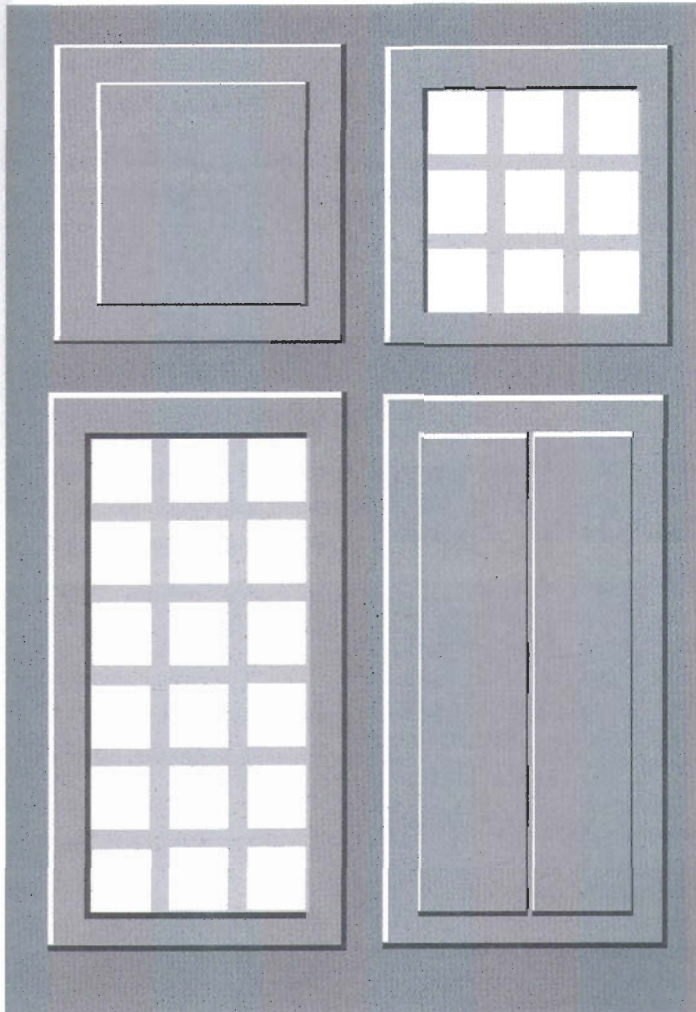
Ventana clásica de principios del siglo XVII

Gozne del siglo XVII

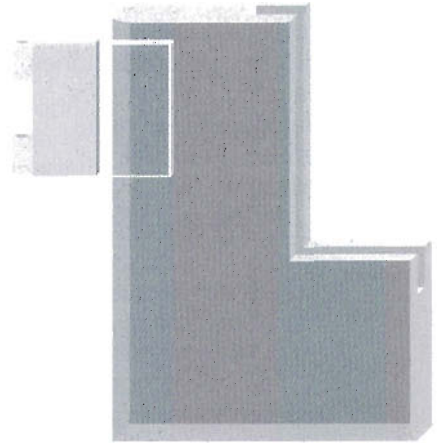


### Herrajes del siglo XVIII

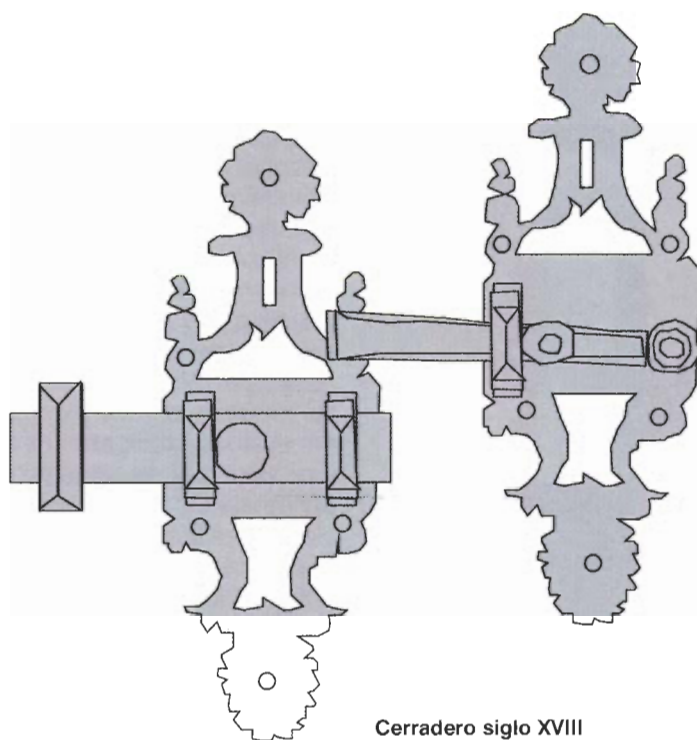
La mejora de los procesos de forja aumentaron la precisión de fallebas, bisagras y pernios. Este siglo se caracteriza por el aspecto ornamental de los herrajes que quedan vistos con formas más o menos barrocas, de acuerdo al estilo dominante. Esto se aprecia especialmente en las manillas, pomos y armellas que reciben formas orgánicas a juego con el resto de la decoración. Se utiliza el hierro colado con el que se obtienen superficies más suaves. Las bisagras, más sobrias, sólo se decoran en las palas y en los remates de los husillos.



Ventana clásica de finales del siglo XVII con bisabroa embutida en el canto



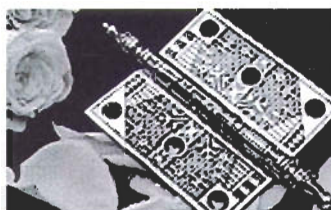




Cerradero siglo XVIII

### Herrajes del siglo XIX

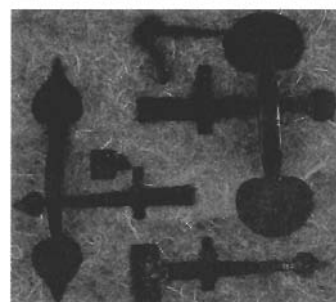
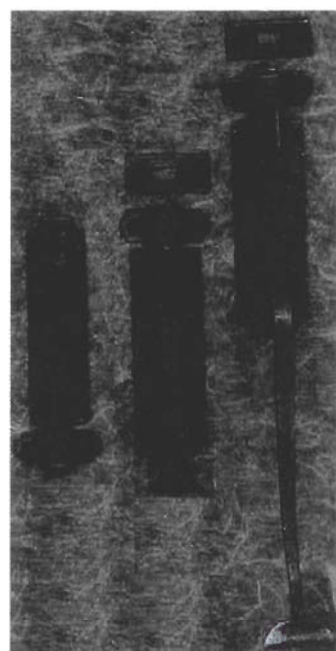
Lo más característico de este siglo es la industrialización y el proceso de serialización del trabajo del hierro. El número y variedad de los herrajes se multiplica a la par que mejoran sus prestaciones. Aparecen los primeros catálogos de venta de herrajes en EEUU. Se realizan en hierro colado y en perfiles extruídos.



### Herrajes actuales

Los herrajes han variado poco en su diseño, especialmente los de cuelgue, salvo los avances propios de la tecnología de fabricación, más moderna y precisa.

Los herrajes de cierre son quizás los que más han cambiado, pasando de cerrojos lineales a perimetrales gracias a escuadras accionables con piezas intermedias, proporcionando más

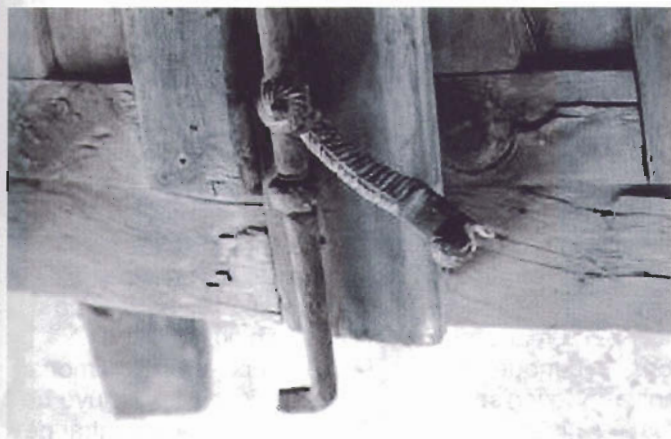


Cierres y pestillos Sheraton

puntos de anclaje. Esta solución, combinada con nuevos tipos de maniobras combinadas, ha dado lugar a los muy complejos herrajes de la actualidad.



Tirador en Kaupungintalo. Diseñado por Alvar Aalto



Españaleta del siglo XVI

## Herrajes de cierre

### Españaletas, cremonas y fallebas

Después de los herrajes de cierre simple sobre el perfil, el primer herraje que logra la estanqueidad de la ventana es la españolata. Actúa por presión contra el cerco en el centro de la hoja y en los extremos superior e inferior. Inicialmente constaba un largo cerrojo cilíndrico rematado en dos garfios, uno asegura la parte superior de la hoja y el otro la inferior. Se fija al montante con más armellas intermedias que sirven de guía y permiten el giro. El cerrojo se acciona con una palanca que gira en dos planos, vertical para encajar en la armella y horizontal para girar los garfios.

La españolata era muy funcional porque ejercía mucha presión, necesaria por la amplitud de holgura en juntas y solapes que se producían por los movimientos estacionales de la madera.

La cremona deriva de la españolata distinguiéndose de ella por sus cerrojos planos en lugar de cilíndricos y porque se accionan con manillas con eje de giro horizontal. Es más precisa y requiere menos empuje ya que sus perfiles se dimensionan con más precisión. Pueden ser

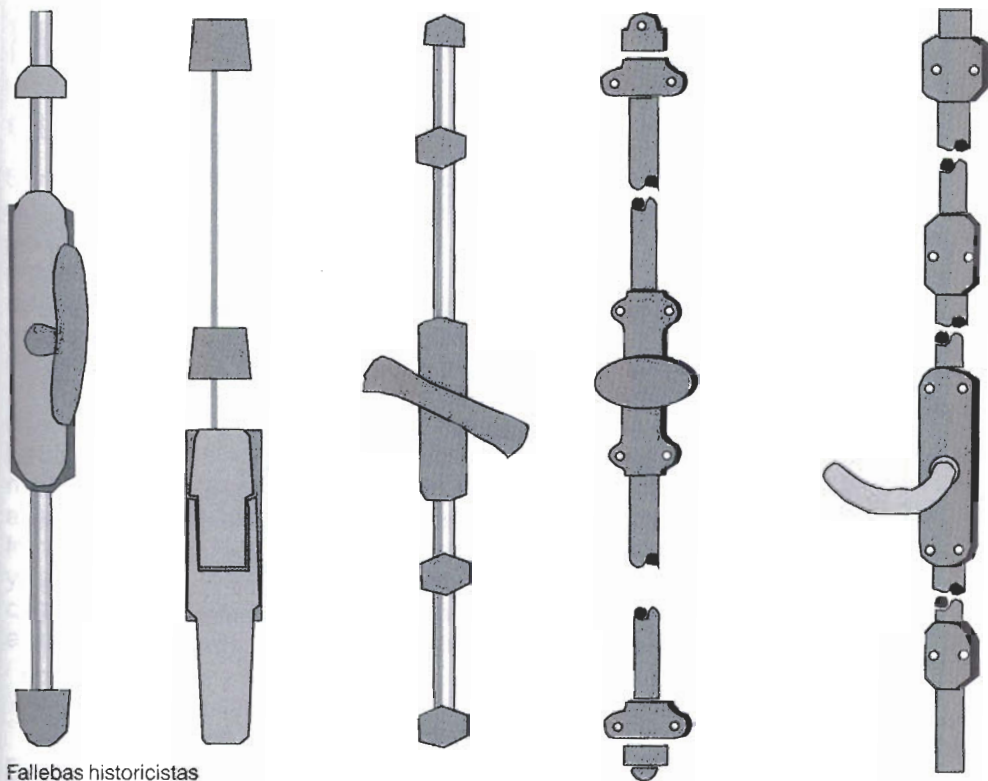


sobrepuestos a la hoja o embutidos en el canto. Las cremonas actuales constan de montante, varillas de empuje, elemento de cierre y mango. Los montantes tienen unos 16 mm de ancho y 2 mm de grueso y son tan altos como la hoja donde se colocan. Incorporan placas

de refuerzo que atenúan los esfuerzos cortantes que se producen en las inmediaciones de la ranura. El material más empleado es el acero, con acabados cincado, cromado o latonado, aunque las manillas pueden ser de otros materiales más decorativos. La cremona ha

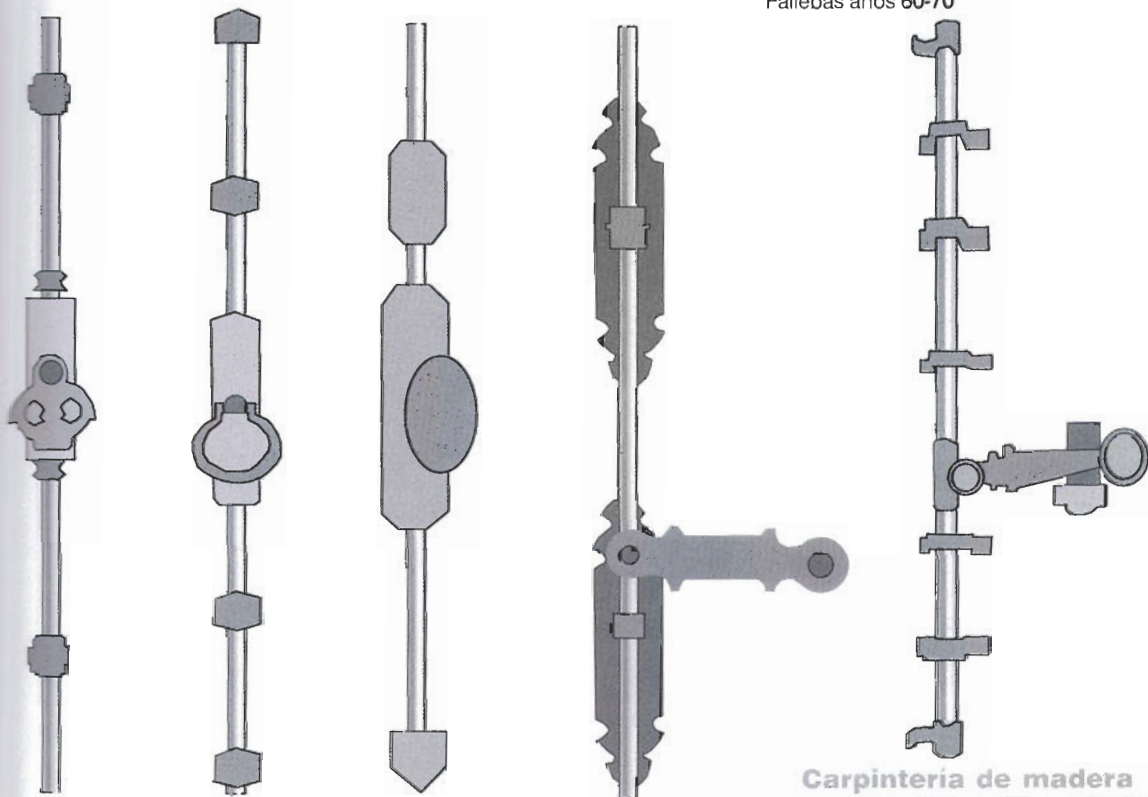
sido progresivamente sustituida por la falleba debido a la mayor presión que imprime a los perfiles que están bien realizados. La falleba es una cremona evolucionada e incluye un punto de unión central de ambas hojas asegurando

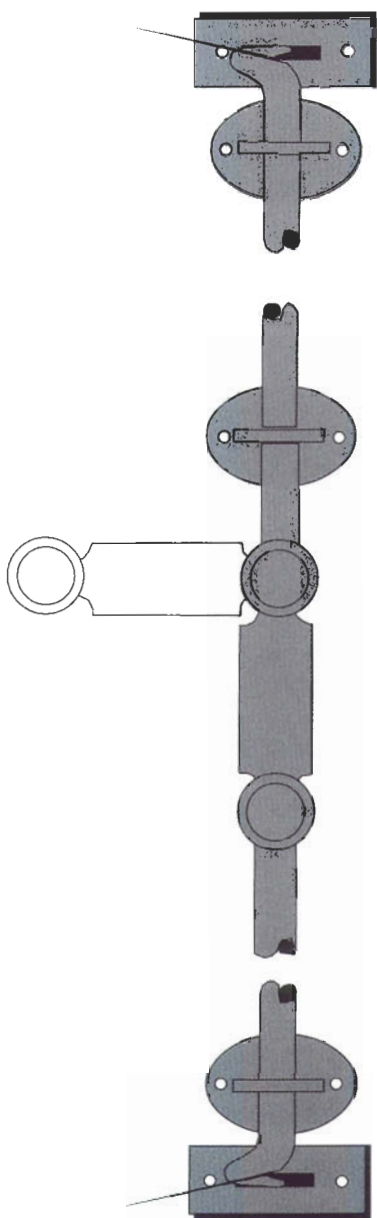




Fallebas historicistas

Fallebas años 60-70





Españoleta años 60

accionado por un picaporte.

Ambas se diferencian de la española porque la manilla gira en su plano sin pivotar, encaja por deslizamiento -no por giro- de las pletinas. La presión, en cambio, se logra del mismo modo, desplazando ligeramente el punto de anclaje respecto a la vertical.

La falleba se ha acabado imponiendo como cierre en carpintería exterior especialmente en las ventanas a la francesa, las más comunes en madera. Las cremonas embudidas disminuyen notablemente las pérdidas térmicas. Las cremonas sobrepuestas en las caras requieren el guiado de las varillas en dos o más puntos para evitar que se tuerzan y dificulten el cierre. Lo más normal es que vayan empotradas en el canto del montante.

### Problemas de los herrajes de cierre

Los herrajes pueden presentar a veces dificultades en la apertura y cierre de las hojas, desajustes y, en ocasiones, roturas. La practicabilidad se ve afectada fundamentalmente

por la ausencia de mantenimiento, los cambios dimensionales y deformaciones de la madera debidos a los cambios de humedad.

Otras veces hay problemas de fabricación: materiales inapropiados u holguras cerco-hoja que no permiten los movimientos de la madera. Menos comunes son los fallos de los herrajes que por el empleo de productos de limpieza inadecuados o por la acumulación de capas de pintura que impiden el correcto juego de los mismos. Para solucionarlo, si las deformaciones de los perfiles son muy grandes lo más aconsejable es la sustitución.

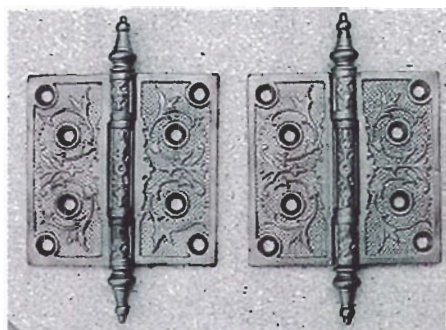
# Herrajes de cuelgue

Son fundamentalmente de dos tipos: bisagras y pernios. Se han empleado indistintamente en hojas y postigos dependiendo del peso a soportar.

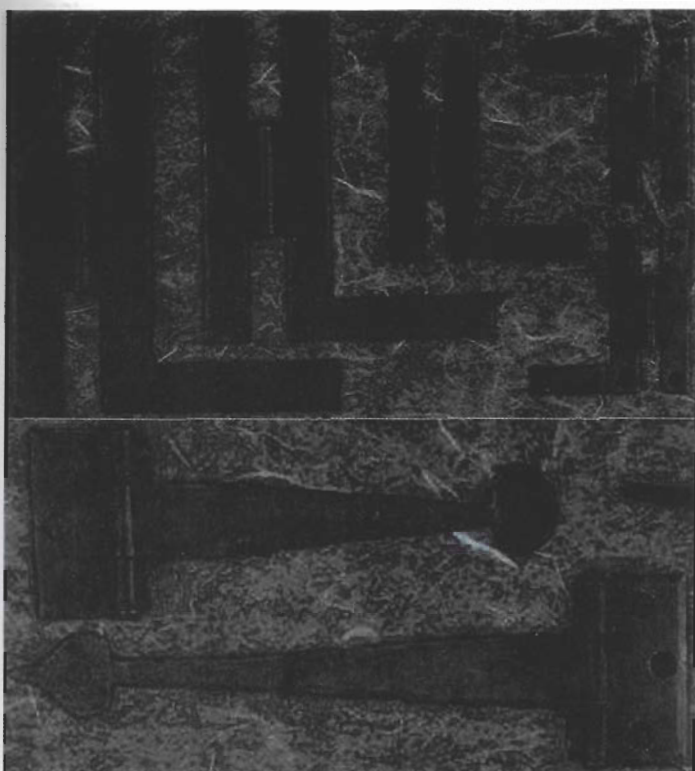
## Bisagras

La bisagra es el herraje natural de las ventanas abatibles (a la inglesa y a la francesa) y el más simple, ya que movimientos más complejos obligan también a herrajes especiales.

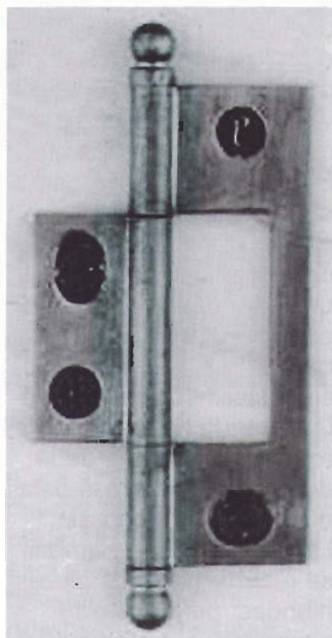
Son piezas formadas por palas metálicas que rematan en cilindros huecos los cuales se unen entre sí mediante un husillo metálico o pasador, lo que permite su giro. El total de cilindros suele ser impar y, al menos consta de 3 piezas. Las palas tienen taladros para introducir los elementos de fijación ya sean embutidas o superpuestas. Pueden ser planas o en diedro, removibles (desmontables quitando el



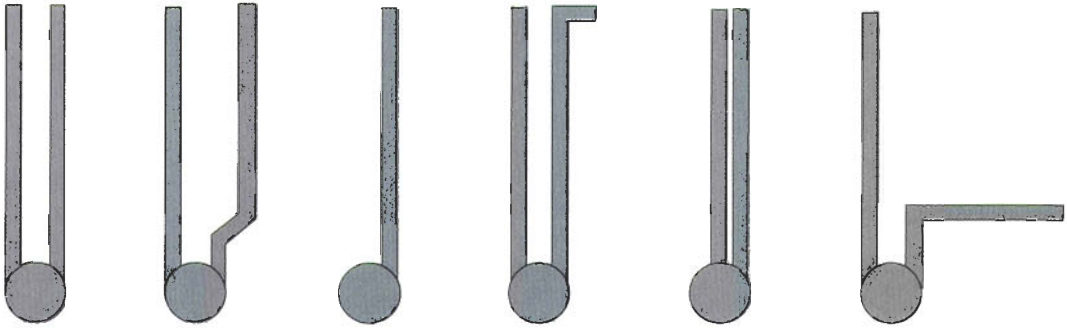
pasador) o fijas (desmontables desatornillando las palas), embutidas en el canto, enrasadas o superpuestas a la cara. Suelen llevar una arandela en el husillo para suavizar el giro de las palas. Motivo por el que también conviene engrasar el husillo.



Pestillos Sheraton (siglo XVIII)







**Bisagras plegadas o acodadas**



**Bisagras coplanares**

**Pernios**

Es un gozne pequeño. Se diferencia de la bisagra en que está formado por un cuerpo de sólo dos cilindros. Uno inferior (macho) que remata en un vástago vertical sobre el que gira el cilindro superior (hembra). Se diferencia de la bisagra en que el vástago (que se corresponde con el pasador de la bisagra) está unido solidariamente a una pala o a una espiga y también en que la hoja se saca fácilmente, elevándola y tirando hacia atrás mientras la bisagra debe desatornillarse en las palas o sacarse de su husillo. La transición entre ambas se realizó mediante piezas híbridas: pernios abisagrados o bisagras/



**Pernio antiguo**

**Pernio Sheraton (siglo XVIII)**



pernio. Los pernios han sustituido prácticamente a las bisagras en las hojas de ventanas y en muchas puertas. El nudo de giro debe estar separado 1 mm de la superficie de la cara para evitar acuñaamientos de la madera durante la maniobra. La fijación se realiza con pata embutida o con palas enrasadas o sobrepuestas. Los goznes tradicionales, de pala alargada horizon-

tal, sólo se emplean en contraventanas. Los de pala vertical (tanto rectas como en escuadra, sobrepuestas o enrasadas), se atornillan como las bisagras a la cara o en el canto de la ventana. En la carpintería industrial se usan poco porque quedan vistos y no pueden desmontarse sin dañar el perfil. Las palas acodadas sí se emplean porque el herraje queda oculto aunque tienen el inconveniente de que cortan el perfil ya que requieren una caja para alojar la pala, entre otras operaciones. El sistema de patas embutidas es más discreto y resistente debido a su mayor empotramiento. La pata que puede ser lisa o roscada.

Las patas lisas se encajan a presión pero su resistencia al anclaje resulta débil requiriendo un enclavado transversal por la cara o contratornillo. Su desmontaje daña la carpintería. Las espigas roscadas, con un paso en torno a 1,8 mm, son las que mejor se adaptan a la fabricación industrial. Aunque necesitan taladro previo, mejoran la resistencia al desgarrar y la penetración en la madera. Se accionan mediante llaves *tipo allen*.

### Materiales y acabados

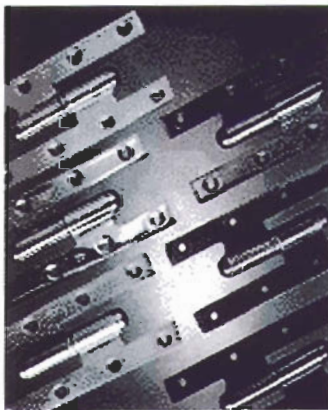
Los materiales empleados en los pernios son los mismos que los utilizados



Pernio en escuadra por cara



Pernio normal por canto

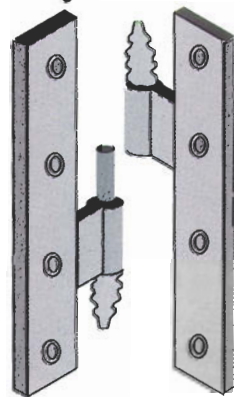


Pernios de palas de diferentes configuraciones

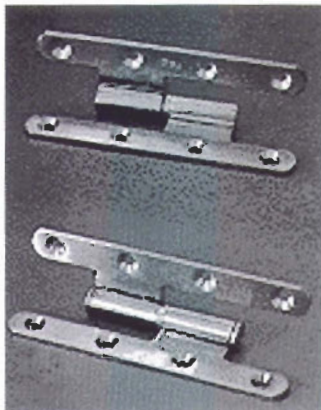
en el resto de los herrajes (normalmente de acero zincado) aunque cada vez se emplean más los aceros especiales fundidos, que no se tornean, para que la soldadura



Pernio-bisagra



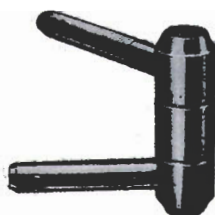
Bisagra de transición hacia el pernio



entre el vástago y el cuerpo de la bisagra sea perfecta, garantizando de este modo una máxima resistencia y buena durabilidad. Los acabados son en acero natural,



Pernios de tres patas



bronceado, latonado, cincado, niquelado y lacado.

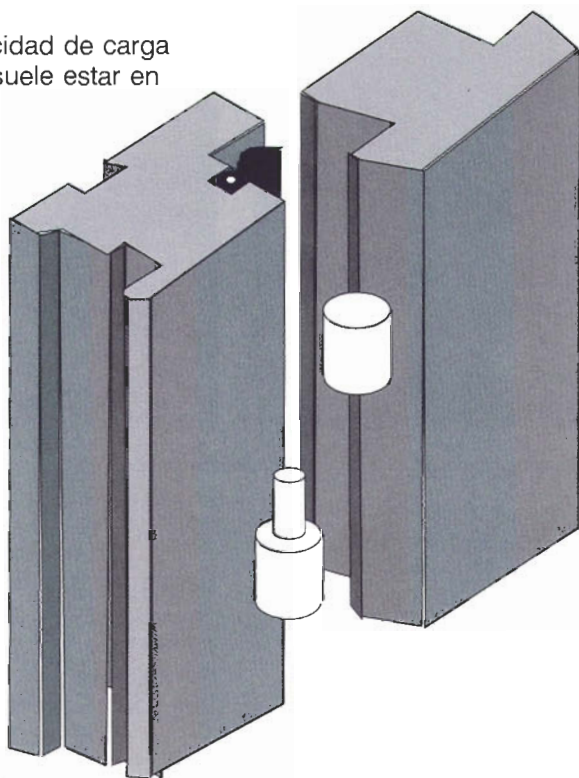
Los diámetros son de 9, 11, 13, 14, 16, 18 y hasta 20 mm.

Su capacidad de carga máxima suele estar en

Pernios de dos patas. El clásico tipo Anuba

Pernio de cuatro patas roscadas

torno a 90 kg de peso total de la hoja, por lo que en una ventana estándar de 1.200 x 1.200 mm, se recomiendan tres pernios por hoja. Los tornillos de los pernios no deben entrar en la ventana paralelamente al plano de las hojas, sino un poco inclinados, adentrándose hacia el interior. De esta manera, al aumentar el espesor de la madera que lo recibe, se consigue una mayor resistencia al arranque y al uso.



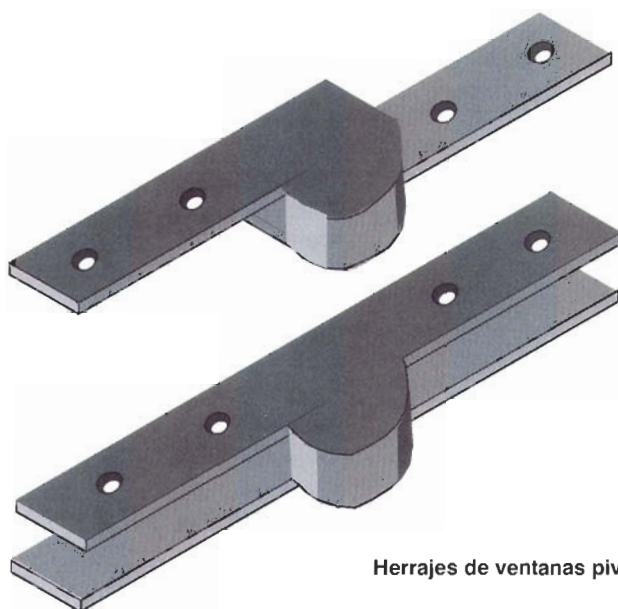
### Pernios regulables

Existen pernios especiales regulables que aumentan o disminuyen de altura mediante el empuje de una punta cónica sobre una bola giratoria adaptándose, por tanto, a diversos

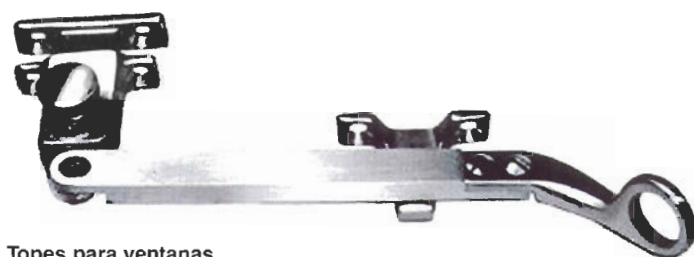


## Herrajes de ventanas pivotantes

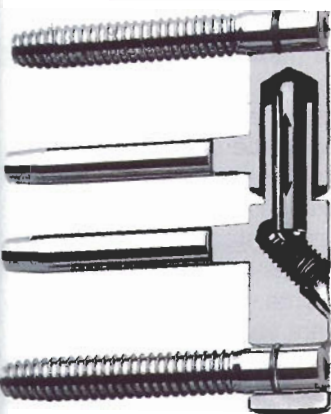
Las ventanas pivotantes, aparte de facilitar el giro, deben frenar la ventana para que no se mueva libremente sino a voluntad del usuario. Para ello los puntos de giro suelen ser de fricción, permitiendo múltiples posiciones. El cierre es convencional, manilla lateral o central.



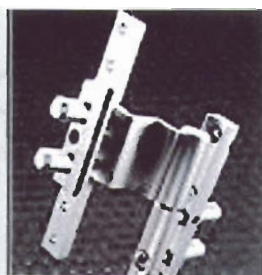
Herrajes de ventanas pivotantes



Topes para ventanas basculantes



Pernios regulables de cuatro patas (dos roscadas y dos lisas)



Bisagra-Pernio regulable

pesos de las hojas (ver también herrajes de puertas).

# Herrajes para hojas basculantes

Los herrajes para hojas colgadas del eje central son de dos tipos: las de pivote, de vástago y las de muelle o fricción.

Los primeros se usan en ventanas ligeras de una hoja. Están formadas por vástago y vaina (o macho y hembra). La placa con el vástago se fija a la cara del cerco y la de la ranura, a la hoja. Nótese el corte ranurado que permite sacar la hoja para su limpieza.

Las hojas que se fijan con este tipo de pivotes necesitan sujetarse con compases mientras se abren. Otra opción es que las piezas de vástago y ranura se coloquen en las caras de cerco y hoja para lo cual deben presentar un mejor acabado.

Por último está el pivote de fricción, que va embutido,

en cambio, dentro del larguero de la hoja y la placa de apoyo en el cerco. Este tipo de pivotes sujeta la hoja firmemente en cualquier posición, sin necesidad de compases. En la figura se presentan vistas de la sección del muelle y placa.

En cuanto al diseño del perfil requiere guías o galces en todo el perímetro.

Por encima del pivote, los galces o guías se fijan al cerco y por debajo, a la hoja. Cuando son de madera van biseladas. Los de metal se fijan a la cara del cerco por encima del pivote y a la cara de la hoja por debajo.

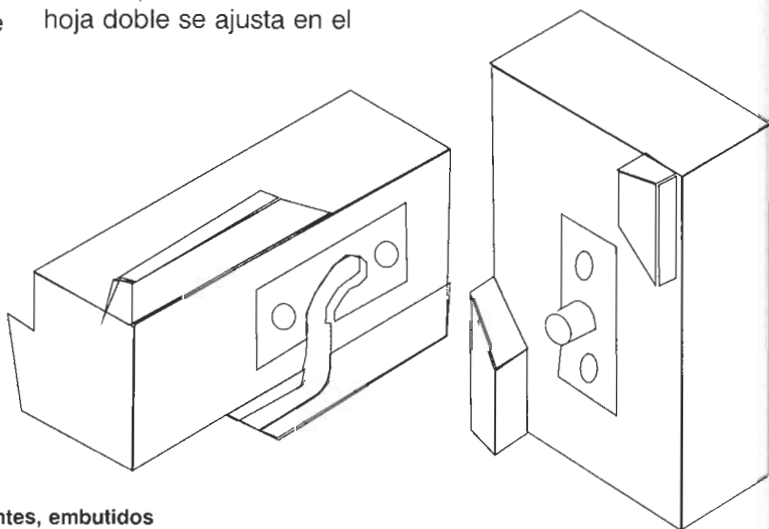
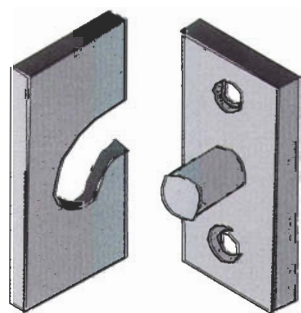
Las ventanas basculantes dobles constan de un bastidor, dentro del cual la hoja doble se ajusta en el

centro, colgada en unos pivotes especialmente diseñados, que permiten a la hoja girar hacia dentro de la habitación.

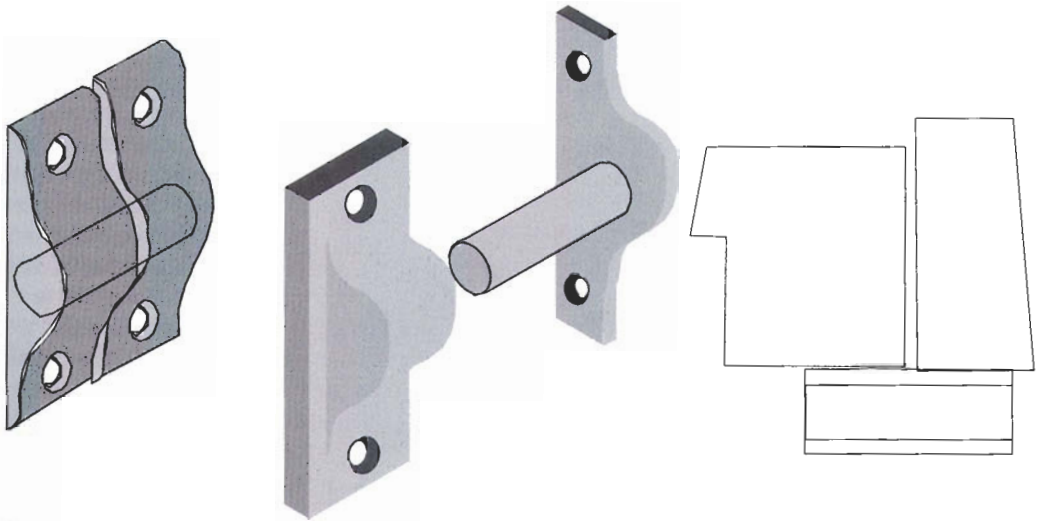
El pivote debe estar a unos 25 mm sobre el centro geométrico del montante para que la ventana tienda a abrirse por gravedad.

La manera habitual de ajustar la hoja es fijar al cerco la placa, el cual tiene un borde que permite una holgura entre hoja y cerco, para levantar y sacar la hoja, estando ambas placas colocadas verticalmente.

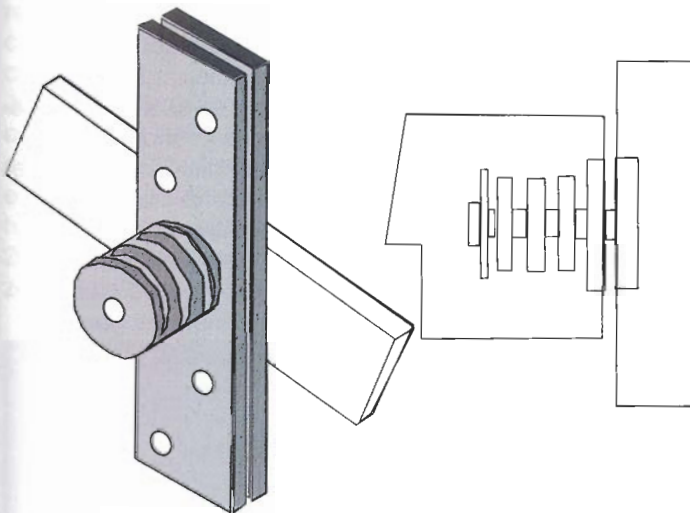
Para sacar la hoja, los cortes de los galces deben estar en una posición tal, que puedan levantarse



Herrajes para ventanas basculantes, embutidos



**Herrajes para ventanas basculantes embutido y sobrepuesto**



**Herrajes para ventanas pivotantes embutido**

hacia atrás, en un ángulo de  $90^\circ$ , una distancia igual a la mitad del grueso de la hoja, más el semidiámetro del pivote. Por eso si la hoja se coloca en un ángulo de  $90^\circ$  al corte, el espacio entre los galces superior e inferior presentan una vía clara de entrada de agua.



## Herrajes de ventanas correderas

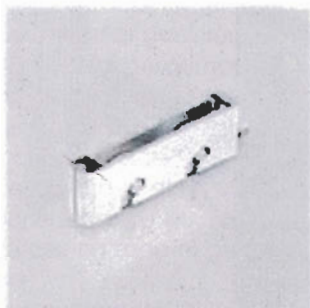
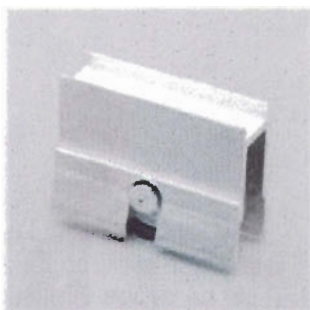
Las ventanas correderas simples sólo deben resolver el movimiento de cierre, por lo que incorporan elementos que facilitan el desplazamiento (rodillos, guías, etc.) y juntas flexibles.

Los carros de rodamientos soportan y desplazan la hoja móvil. Existen dos tipos de carros de rodamientos (uno de esquina y otro central) con varias ruedas cada uno, unidos entre sí con un perfil de acero.

El cuerpo central consta de dos ruedas separadas por el elemento de fijación a la hoja.

Las ruedas se deslizan sobre una guía o raíl inferior.

Por la parte superior se coloca otra guía. El cuerpo de esquina es el elevador. Se forma con biseles de acero y dispone de dientes de enganche para el bloqueo. Las ruedas son de nylon duro, montadas sobre cojinetes de bolas protegidos. Otro sistema más sofisticado es



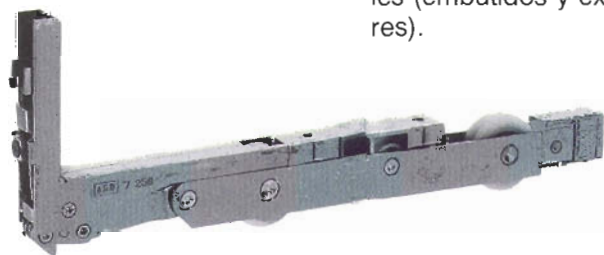
el herraje de corredera-elevadora, corredera coplanar u oscilo-corredera.

Las correderas tienen cierres y tiradores especiales (embutidos y exteriores).

## Herrajes de corredera coplanar

Esta ventana es también llamada osciloparalela o deslizante-proyectante. Se trata de un conjunto de herrajes que abaten la hoja sobre un eje inferior y luego la desplazan horizontalmente en paralelo al cerco. Sus herrajes son parecidos a los de la ventana oscilobatiente: una serie de compases superiores que se unen a fallebas en escuadra que rodean todo el bastidor. Para que la hoja se deslice, se requiere un raíl y para que no se salga es necesaria una guía superior con un tope.

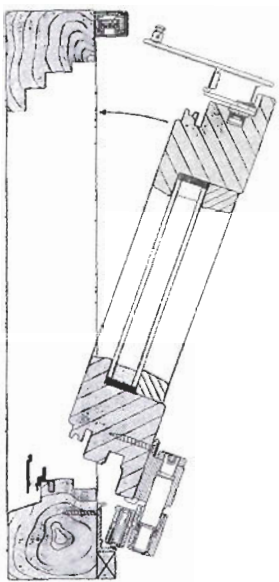
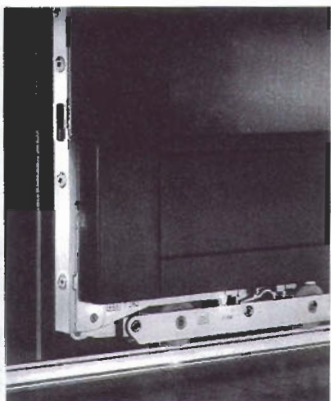
Un manillón acciona la falleba, liberando la hoja. Dos carros situados en las esquinas inferiores de la hoja permiten desplazarse a ésta en horizontal y en paralelo al cerco sobre el carril. Éste está cubierto con un embellecedor. Están pensados para soportar pesos de hojas entre 150 y 250 kg por lo tanto, sirven para balconeras.





Por la complejidad del herraje se requiere un mantenimiento periódico para eliminar la suciedad acumulada. Para el carpintero, su colocación es muy delicada: escuadrado del bastidor, fresado del manillón y los largueros, fresado del travesaño inferior, colocación de los soportes, colocación del raíl inferior, colocación de la guía superior, bloqueo del enganche, topes, regulación del sistema y colocación de los embellecedores.

Junto a la corredera coplanar es interesante la corredera elevadora que es ideal para balconeras y hojas pesadas (entre 150 y 250 kg). Permite un deslizamiento suave.



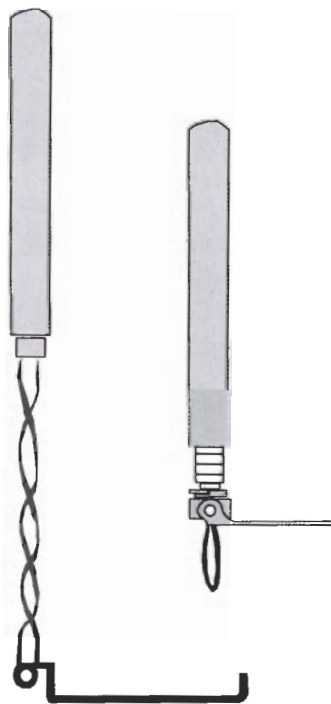
Sección de ventana y herrajes coplanar

## Herrajes de guillotina

Las ventanas de guillotina han propiciado la aparición de herrajes complejos y sofisticados.

Inicialmente se trataba de evitar el cierre brusco con sistemas simples. Al principio eran sencillos retenedores abatibles pero después se acudió a dispositivos de seguridad a base de cables con poleas o muelles. Son sistemas siempre dobles, para lograr el paralelismo perfecto y para que la posible rotura de la sujeción en un costado no suponga la caída de la hoja.

El contrapeso puede colocarse tanto en las hojas como en el cerco



Muelles de ventana de guillotina. Años 60



Retenedor simple

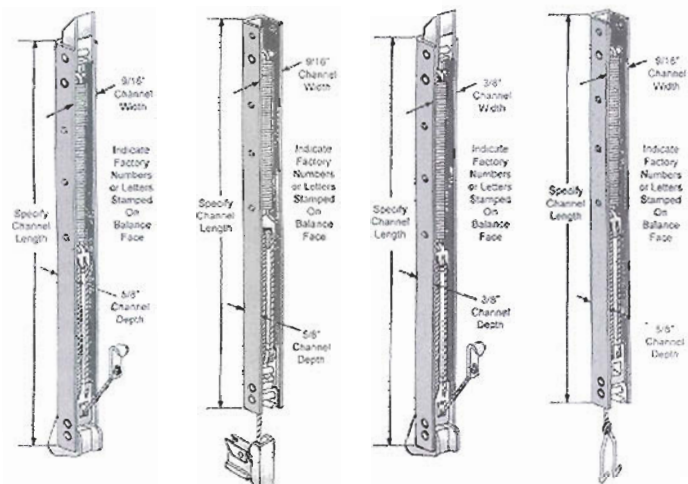
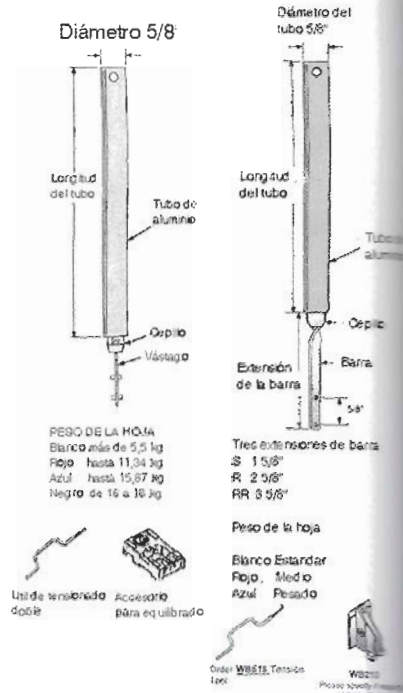
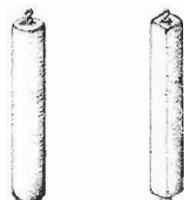
con el siguiente orden:

1. Se coloca la hoja descansando sobre la peana, insertando a continuación los contrapesos en el nicho, pasando el cable la polea y fijándolo al montante (con un tornillo, clavada, etc). Esta operación se realiza en ambos lados.
2. Se levanta la hoja hasta lo más alto y se apuntala temporalmente.
3. Para un contrapeso ligero se gira la tuerca por medio de un brazo unas 5 veces (en el sentido contrario a las agujas del reloj). Se tira ligeramente hacia abajo hasta el travesaño inferior y se fija

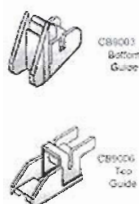
4. Los contrapesos pesados se insertan en el nicho de la misma forma pero los brazos se fijan inmediatamente.

### WINDOW WEIGHTS

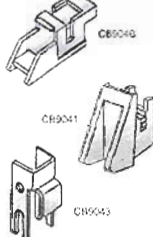
Custom sizes and shapes to fit your exact needs  
STEEL/LEAD/GALVANIZED



Most Commonly Used Accessories For CB 0 Series Balances



Most Commonly Used Accessories For CB 4 Series Balances

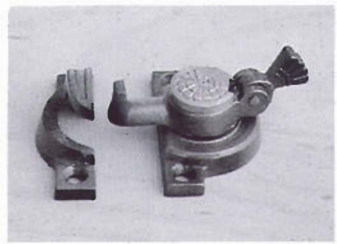
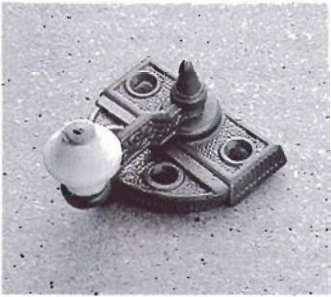
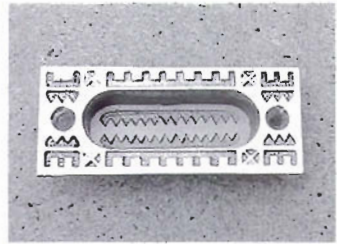
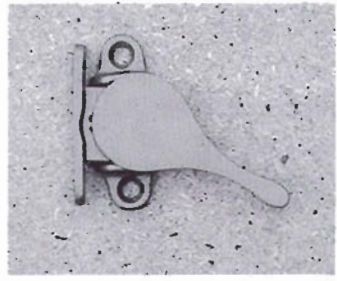
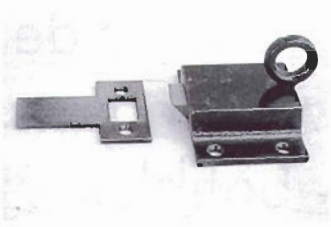


Some Of The CB 5 Series Balances May Be Manufactured With A Spring At The Hook End. Either Assembly Style is Compatible.

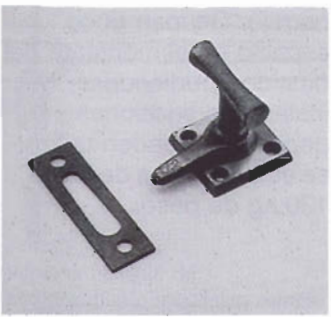
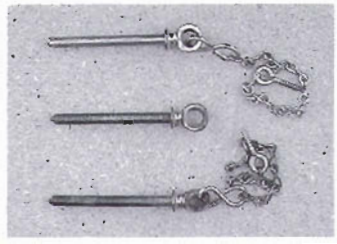
CB 2 Series Balance Carries With CB9042 Guide, As Shown Above.





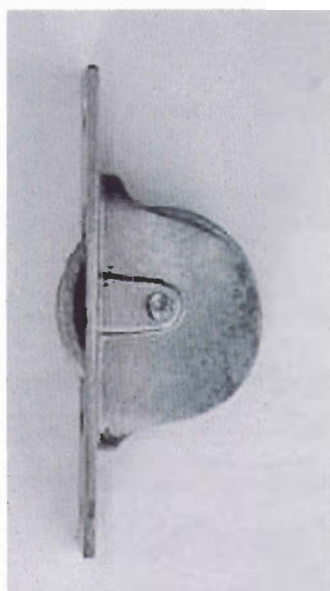
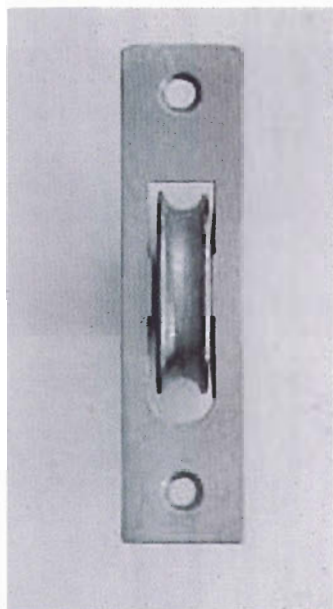
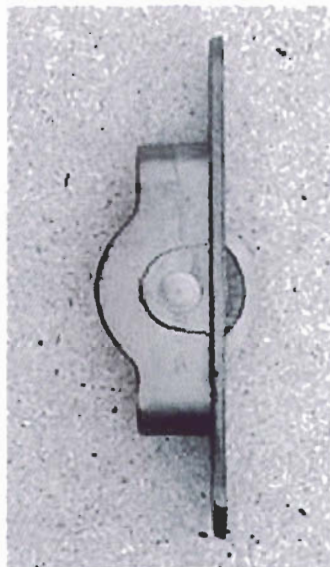
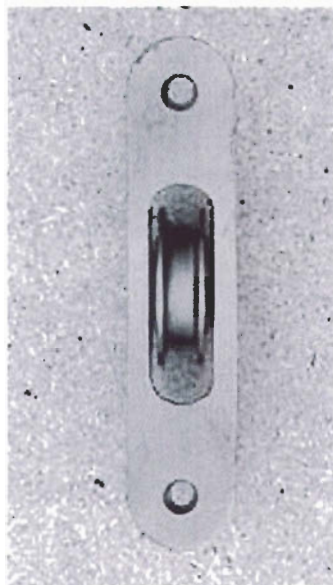


Accesorios de ventanas de guillotina.



# Herrajes de ventanas abatibles

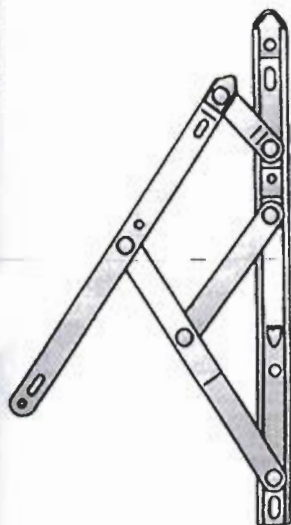
Rodillos de ventanas de guillotina



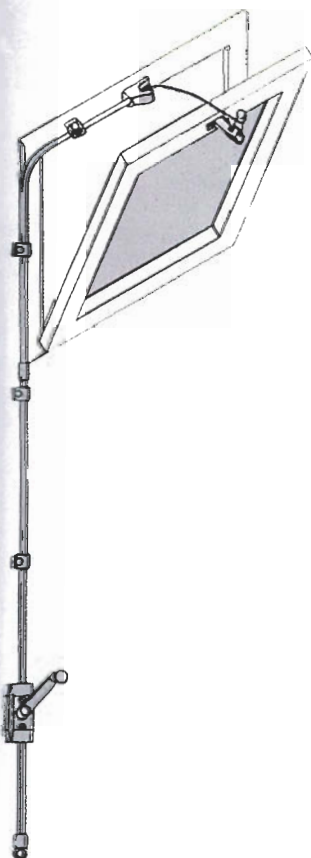
Rodillos antiguos

Las primitivas ventanas abatibles se solucionaban con simples bisagras en el travesaño inferior o superior y un tope de cadena o varilla entre cerco y hoja. Los herrajes de compás aparecieron en los años 60. El fabricante inglés W. Berger fue el primero en comercializarlos. Consistían en una escuadra que se mueve sobre un tornillo alojado en un canal. Éste va en el cerco y la escuadra en la hoja. Lleva además un brazo de fricción que la mantiene en la posición.

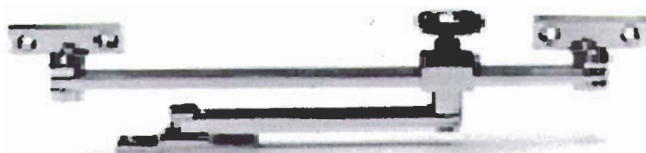
Los tamaños habituales que se encuentran en el mercado están entre 8 y 16 pulgadas y los grados de apertura entre 70 y 90°. Los modernos sistemas de herrajes abatibles son perimtrales; consisten en herrajes angulares regulables tridimensionales. Se adaptan a cualquier tamaño gracias al movimiento del cuerpo del herraje. Ocupan poco espacio en el montante del bastidor, pudiéndose instalar en secciones pequeñas. Pueden utilizarse en bastidores de hasta 130 kg de peso.



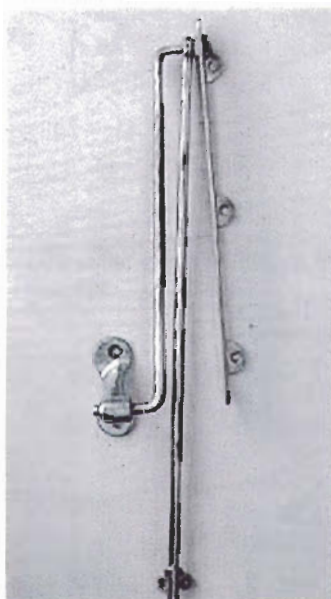
Compás-bisagra



Ventana abatible de accionamiento mecánico remoto



Compases para ventanas abatibles



Compás antiguo



Herraje perimetral para ventana abatible

## Herrajes de ventanas oscilobatientes

Las ventanas oscilobatientes de eje vertical se desarrollan en Noruega en los años 70.

Hay dos tipos principales. El primero es un herraje muy complejo, compuesto por un conjunto de otros: un cerradero, un brazo articulado superior con un compás, dos transmisores angulares en escuadra y una cremona de movimiento angular. Esto se complementa con utilillajes accesorios: bisagras, cerraderos y bulones. Puede soportar ventanas de pesos entre 80 y 140 kg.

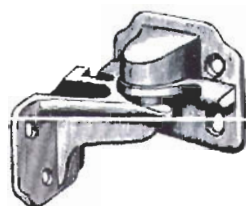
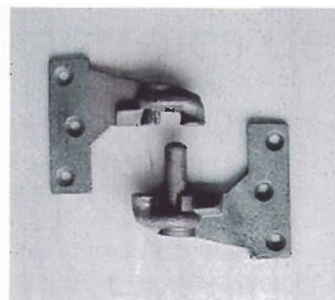
El segundo sistema es oculto. Es mucho más sencillo de instalar y consiste en un compás que se coloca en la esquina superior y un soporte que se coloca en la parte inferior del montante que hace de eje. El herraje inferior gira en torno a un



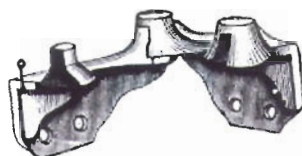
eje y el segundo o bien oscila a la francesa o bien bate hacia dentro y se encaja con 'clic' de sujeción.

Es un sistema simple que ocupa poco espacio y ofrece presentaciones estéticas interesantes ya que la manilla y estas dos piezas son los únicos herrajes visibles de la ventana y en algunos casos pueden quedar totalmente ocultos con la ventana cerrada. Sirve para bastidores de elevado peso: hasta 130 kg. Esto es así porque la hoja carga sobre el cerco por apoyo directo, no a través de palas o patas, como en el resto de los herrajes. Los herrajes oscilobatientes ocultos permiten una regulación tridimensional para ajustar

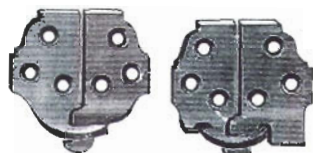
la hoja al cerco (2 mm en el plano del cerco y 1 mm en sentido transversal). Su apertura máxima son 135° (no los 180° habituales). En el fondo es una actualización de los antiguos pernios escamoteados.



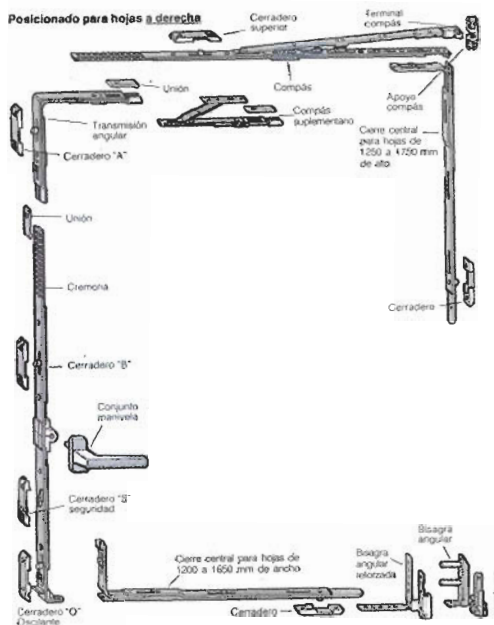
Upper Hinge



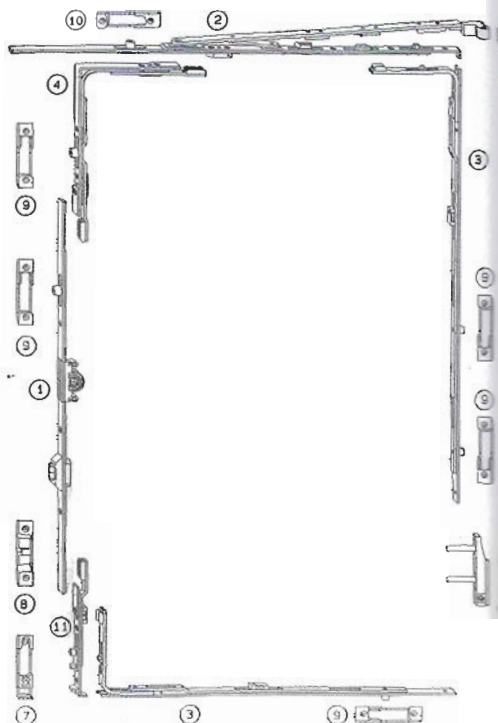
Lower Hinge.



#### Antecedentes de los pernios oscilobatientes ocultos

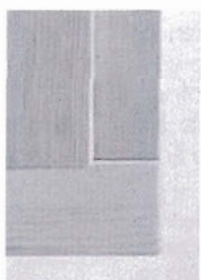
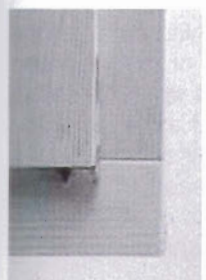
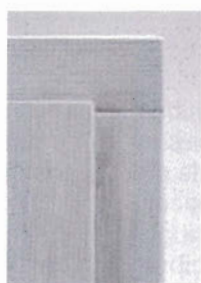
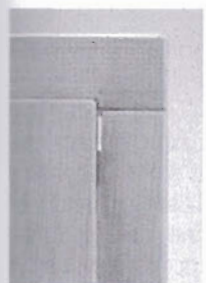
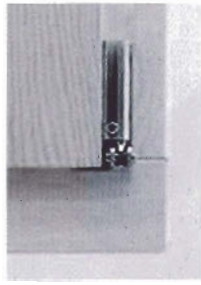
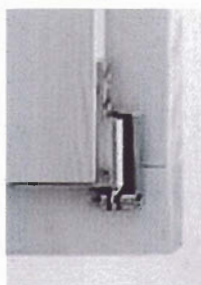
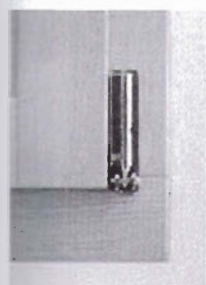
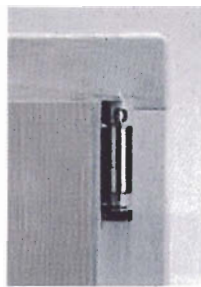
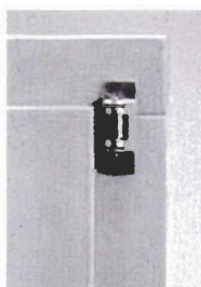
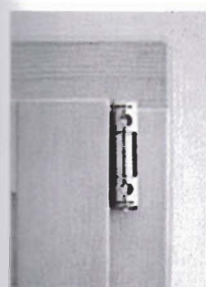
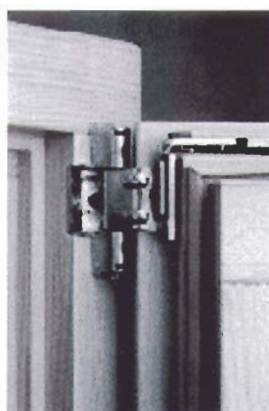


Herrajes actuales de ventanas oscilobatientes





Otras bisagras ocultas



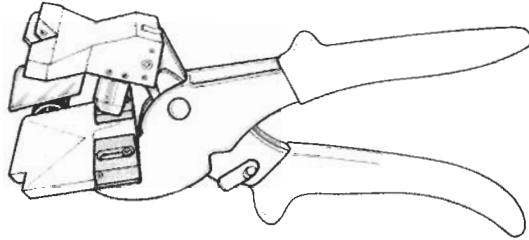
Pernos oscilobatientes ocultos

## Otros herrajes

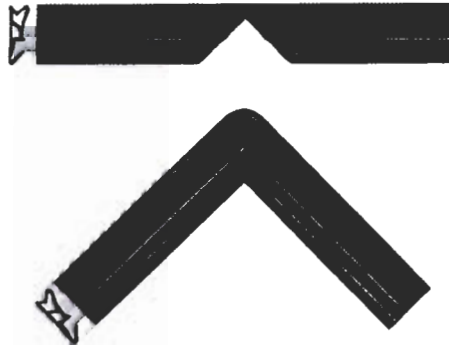
### Pasadores

Elemento complementario que se usa para fijar una de las hojas en el caso de que la ventana tenga más de dos hojas.

# Juntas de estanquidad



GALCE REGULABLE



Conviene distinguir previamente entre juntas o sellantes del acristalamiento, juntas o sellantes entre la ventana y la obra y juntas de estanquidad entre las hojas y el cerco. En este capítulo se va a tratar sobre estas últimas que se destinan, como su nombre indica, a cerrar las holguras entre bastidores al cerrarse las ventanas. Se trata de desarrollar con más detalle lo explicado en el parágrafo final del

capítulo dedicado al Diseño, 'accesorios de estanquidad sobrepuestos a la ventana'.

En el mercado también se denominan burletes, siguiendo una terminología tradicional, aunque los burletes, de origen natural<sup>1</sup>, consistían en tiras o rellenos que se colocaban en el canto de las hojas cubriendo, al cerrarse, los intersticios e impedían la entrada

<sup>1</sup>Antiguamente eran de tela y de fibras vegetales y actualmente son de caucho natural

de aire. Tenían como inconveniente su poca durabilidad.

Pero las juntas se colocan no sólo en el canto o en el galce sino en todo el perfil de las hojas y son de materiales sintéticos y metálicos, con mejores resultados mecánicos y mayor durabilidad.

El perfil de la junta debe permitir trabajar de manera elástica, estar sólidamente fijada a la carpintería y no oponer reacción notable a la maniobra.



### Juntas de caucho

Este tipo de juntas se desarrollaron aprovechando la experiencia de su uso como amortiguador en ingeniería y mecánica.

Las juntas de banda de caucho vulcanizado fueron eficaces para mejorar la estanquidad al aire, pero en ocasiones modificaban la estanquidad al agua dependiendo del perfil, y su resultado podía ser nefasto si se obturaban los canales de desagüe.

### Juntas metálicas

Son rígidas y resistentes. No son interesantes más que para limitar las fugas de aire en carpinterías antiguas. Son poco eficaces contra las infiltraciones de agua porque son difíciles de unir en las esquinas y con frecuencia provocan vías de capilaridad. Otro inconveniente es el de dañar la pintura de la madera por raspado y oponer una gran reacción a la maniobra. Sus mayores ventajas son su

durabilidad y su inatacabilidad por la pintura y su flexibilidad es adecuada, contrariamente a lo que pudiera suponerse.

Los perfiles metálicos no son interesantes para limitar las fugas de aire en la rehabilitación de ventanas antiguas.

### Bandas autoadhesivas

Son materiales plásticos y espumas. Además existen elementos compuestos como fieltros revestidos de PVC. Estas bandas autoadhesivas blandas son económicamente muy asequibles, pero su durabilidad es baja y deben cambiarse periódicamente. Cuanto más esponjosas son, menor durabilidad tienen. Se comercializan en rollo y se cortan fácilmente sin herramientas especiales.

### Juntas sintéticas

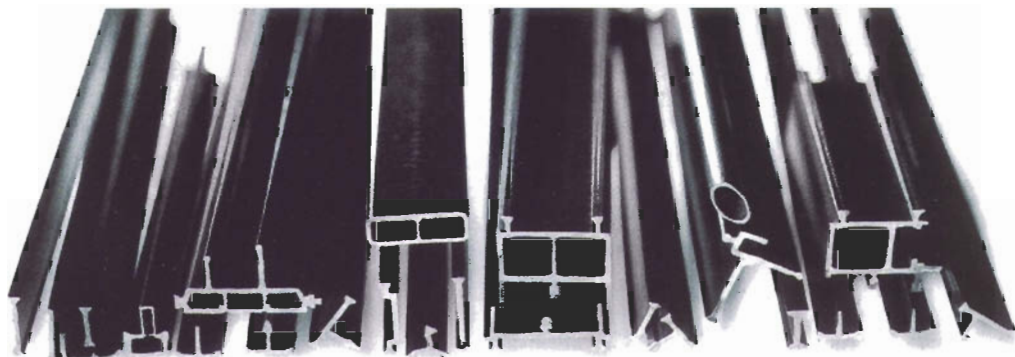
Tienen mayor densidad y trabajan de forma elástica,



Guarniciones, juntas o perfiles de polímeros elásticos, polímeros termoplásticos y cauchos vulcanizado



Juntas de EPDM y silicona (cortesía Atel)



Juntas de poliamida (Cortesía Alfa Solare)

lo que permite que se opongan al paso del aire y del agua. Su durabilidad es buena y su fijación sencilla.

Las juntas se fabrican a base de elastómeros (neopreno, cloruro de polivinilo -PVC- blando y duro, caucho, EPDM, siliconas, polietileno, etc.). Son las más utilizadas por su durabilidad.

En carpintería de madera se ha generalizado el empleo de juntas de neopreno y EPDM por su capacidad de compensación de 3 a 4 mm, que es la holgura habitual entre los bastidores.

Las de PVC sólo pierden estabilidad en un 75% pero no son elásticas.

Las guarniciones de neopreno (recuérdese que es el mismo material que se emplea en los trajes de submarinismo) aseguran un contacto comprimido estanco en toda la junta y pueden trabajar a compresión y a flexión, pueden ser acústicas y colocarse tanto en las hojas como en el cerco.

Los polímeros son la base para elaborar una amplia variedad de juntas. Se fabrican a partir de una estricta selección del

material y de una moderna tecnología. El proceso industrial comienza cuando la granza es transportada a la tolva de la extrusora donde se funde a alta temperatura. La fabricación de las juntas se realiza por medio de hileras y calibradores. También en talleres de matricería se puede diseñar el perfil especialmente adecuado a las exigencias de cada proyecto.

Cuando la junta sale de la hilera, una máquina de refrigeración consigue una temperatura constante, para que el proceso de

**Especial para galces**



**Caucho soldable al calor**



**Caucho soldable al calor**



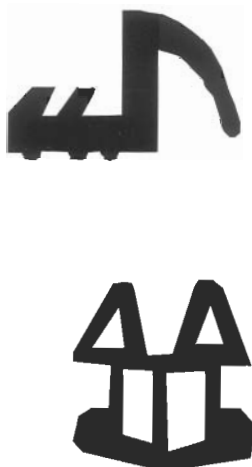
**Especial para galces**

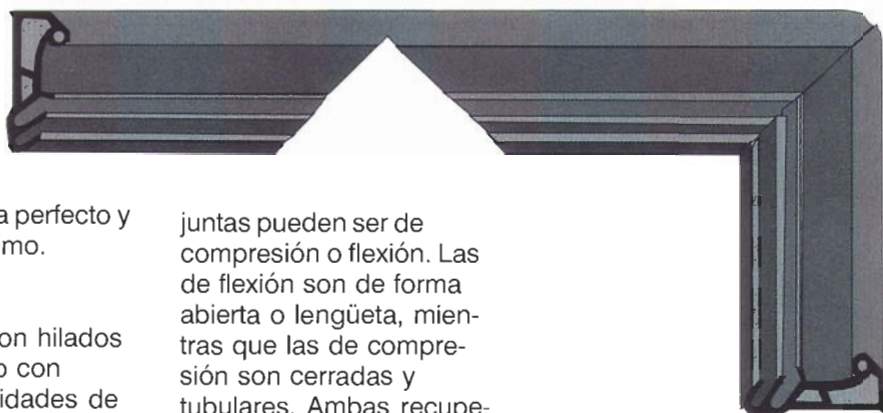


**Caucho soldable al calor**



**Especial para galces**





enfriamiento sea perfecto y el acabado óptimo.

### Cepillos

Normalmente son hilados de polipropileno con diferentes densidades de pelo y tienen una excelente resistencia al frotamiento pero una eficacia limitada en estanquidad al agua. Se utilizan esencialmente en carpinterías correderas o deslizantes. Su eficacia será mayor cuanto mayor sea su capacidad de compensación, la cual depende de la forma de la junta y el material. La capacidad de compensación debe ser de 3 a 4 mm.

### Formas de las juntas

La forma puede ser muy variable: paralelepípedica (espumas y burletes), tubular o de cepillo. La paralelepípedica oponen una fuerte reacción al cierre y no ofrecen compensaciones a eventuales deformaciones de la carpintería. Las tubulares presentan uniones de esquina difíciles. Las de cepillo presentan una excelente resistencia al frotamiento pero una eficacia limitada a la estanquidad al agua.

### Forma de trabajo

Por su modo de trabajo las

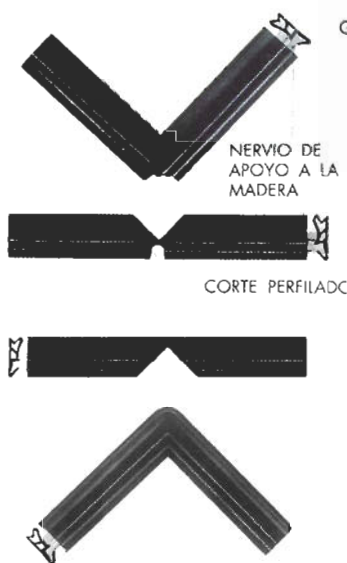
juntas pueden ser de compresión o flexión. Las de flexión son de forma abierta o lengüeta, mientras que las de compresión son cerradas y tubulares. Ambas recuperan su forma inicial una vez cesada la presión (flexión o compresión).

### Capacidad de compensación

La capacidad de compensación corresponde al diámetro interior del tubo, para las juntas tubulares, y a la carrera de la lengüeta (donde se produce la sollicitación), en las abiertas. La solución de un perfil portador de junta es muy recomendable.

### Ubicación de las juntas

La eficacia de las juntas depende de su posicionamiento. Se pueden colocar en el cerco o en la hoja. Las juntas colocadas en el cerco se deterioran menos, aunque su reposición es más complicada. Las colocadas en la hoja como barrera interior son eficaces cuando sólo hay un batiente; cuando son dos deja necesariamente una holgura en el lugar de batida (esto ocurre con presiones superiores a los 150 Pa). Ello implica, antes

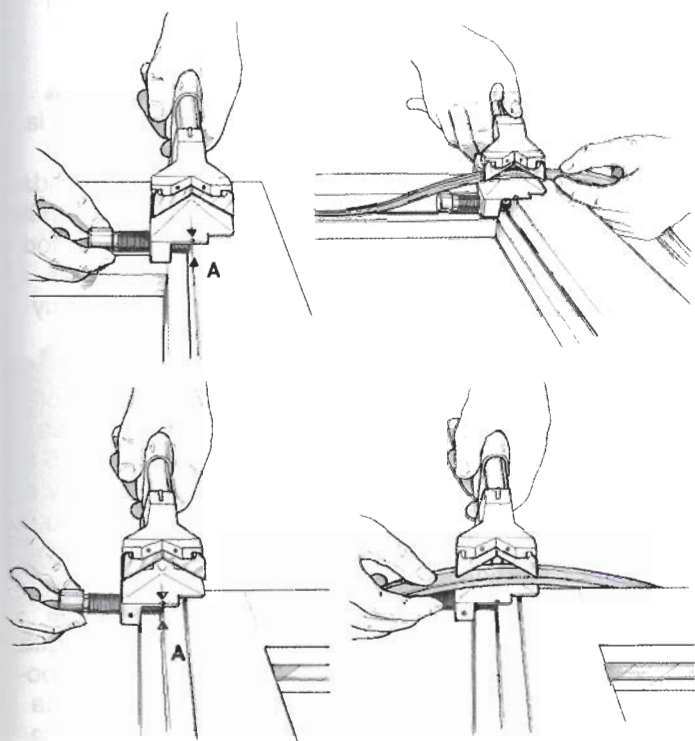


### Corte y doblado de juntas elásticas

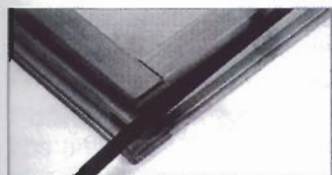
o después, infiltraciones de agua.

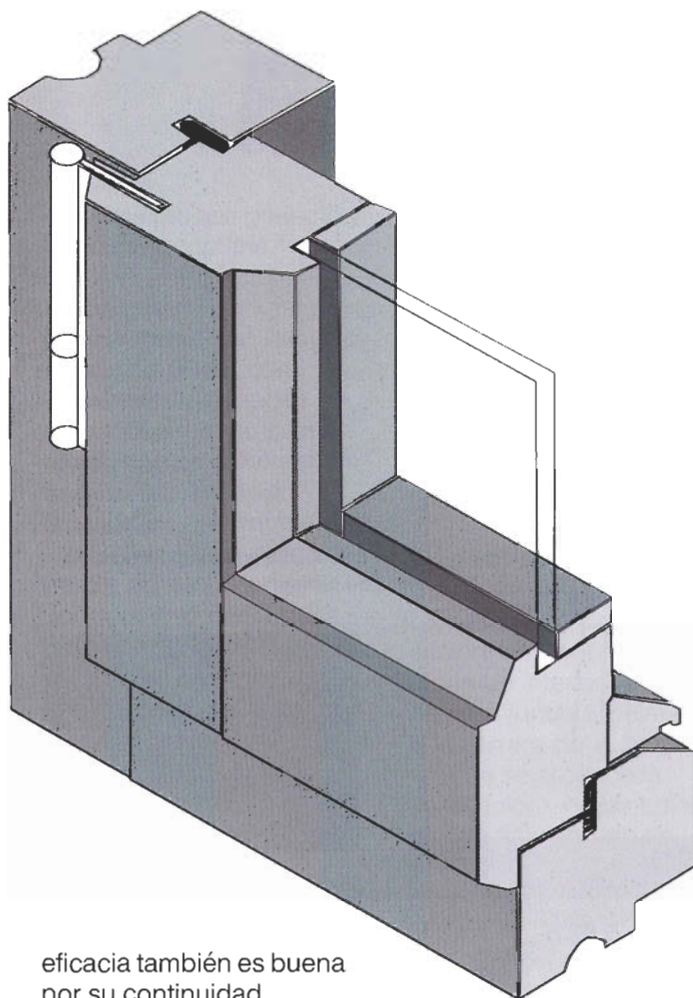
Las juntas de compresión (de tubo, cuadradas y algunas de lengüeta) generalmente se colocan en la hoja. Su eficacia es buena porque no producen ninguna discontinuidad salvo en la parte inferior de la unión en ventanas de dos batientes. Las juntas de flexión (de lengüeta) generalmente se colocan en el cerco. Su





Tres secuencias de colocación de juntas





eficacia también es buena por su continuidad.

### Montaje e instalación de la junta en el cerco

El perfil se monta sin cortes directamente desde la bobina. Al final de la longitud adecuada, que se mide aproximadamente, se da un corte de 90° exacto ayudado de la cortadora especial. El perfil empieza a montarse a partir de la mitad del lado superior.

A continuación se corta la primera esquina con la

cortadora o tijera (ésta produce un corte que deja íntegro el nervio de apoyo) y se encastra en la ranura. Sin necesidad de realizar mediciones se lleva el perfil hasta la próxima esquina, procediéndose a un nuevo corte. No es necesario encolar la junta en la esquina. Finalmente se corta el perfil sobrante uniéndolo con el perfil inicial. El perfil puede insertarse con ayuda de un rodillo de

montaje que presiona el perfil.

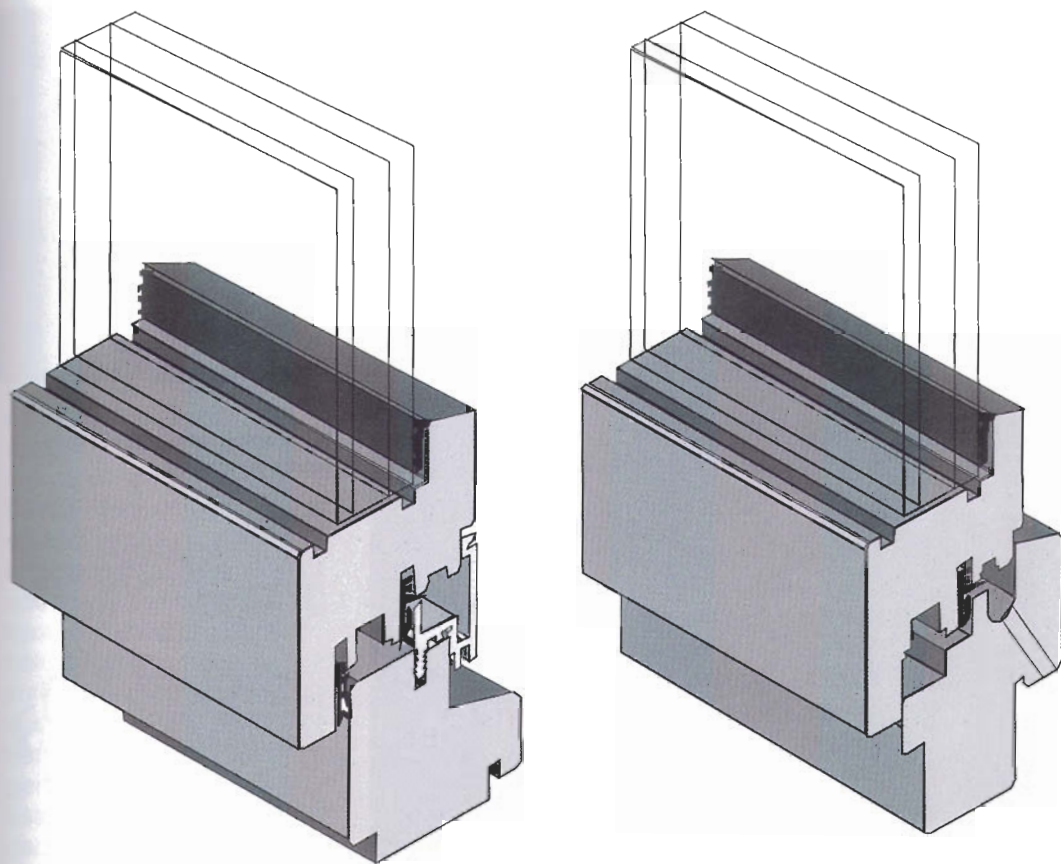
### Fijación de la junta

El sistema de fijación de la junta no debe debilitar el perfil, debe asegurar sólidamente su sujeción y permitir su colocación y reposición sin dificultad. Por eso las juntas encoladas son muy difíciles de retirar.

La fijación se hace por clavado, encolado o por inserción en ranura. Las ranuras suelen ser de 5 a 8 mm de profundidad y de 2'5 a 4'5 mm de ancho. El encolado es recomendable con materiales sintéticos e implica una buena resistencia al agua. El encaje en ranura supone que el talón tiene una capacidad de compensación (alrededor de 1 mm) compatible con la precisión de la ranura, a veces realizada in situ.

Las formas más interesantes para encajar son las patillas con forma de semilla y la de cola de abeto que se abrocha contra las holguras de una ranura estrecha.

Cuando se colocan en diferentes planos, lo que es frecuente, la estanquidad se interrumpe en las esquinas. En estos casos, la estanquidad al agua cae rápidamente. Los ensayos demuestran que la mejor estanquidad se obtiene con juntas de lengüeta, fijadas directamente al cerco, siempre que los perfiles sean solapados.



### Posición de la junta

Los ensayos demuestran que la mejor estanquidad al agua se logra con juntas de lengüeta, fijadas directamente al batiente detrás de la cámara de descompresión en el interior del perfil de canalización del agua de desagüe. Como se detalla en el capítulo de Diseño, se coloca allí para evitar que la presión del aire exterior no provoque un rechazo hacia atrás de la junta cuando penetra aire por el orificio de desagüe. Las juntas colocadas sobre los batientes en barrera

interior son ineficaces con dos hojas por el solape entre ellas.

Cuando se colocan en diferentes planos, las esquinas son puntos de interrupción de la estanquidad.

### Dobles juntas

La doble junta se ha ido imponiendo poco a poco ya que da mayor estanquidad. Se colocan en dos ranuras: una en el marco y otra en la hoja o las dos en el batiente. No hay fórmula establecida para saber dónde es mejor, por

lo que la elección depende del sistema del carpintero.

La combinación y acoplamiento de los diversos sistemas de juntas para conseguir determinada estanquidad han de estar en relación con los herrajes de cierre de la ventana.

Las ventanas con junta de estanquidad en el cerco, suelen añadir otra en las hojas. Si estas juntas no son coplanarias, el agua que recibe la unión entre las hojas va descendiendo por gravedad y al llegar a la peana se filtra hacia el



interior sorteando la junta colocada en el cerco.

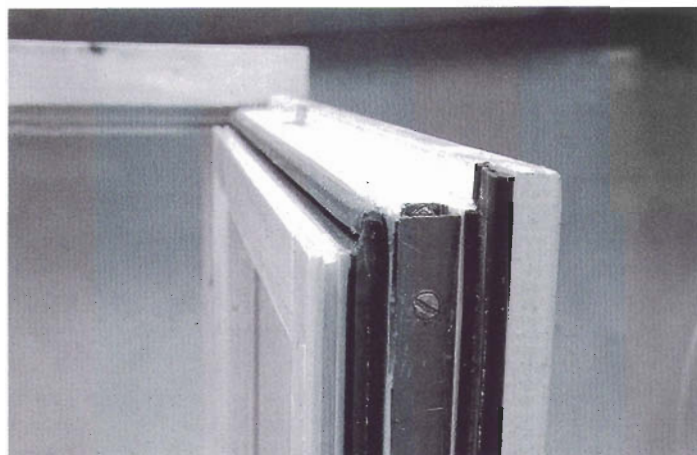
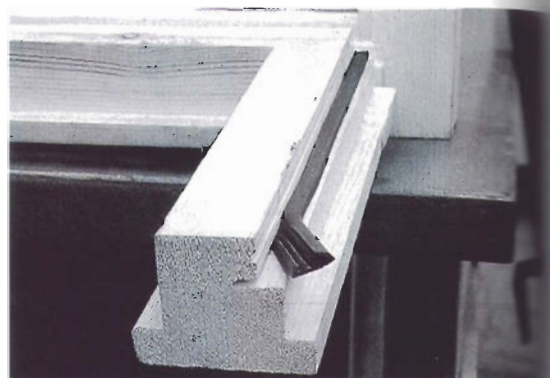
**Normativa y certificación**

Actualmente existen tres normas de ensayo sobre juntas:

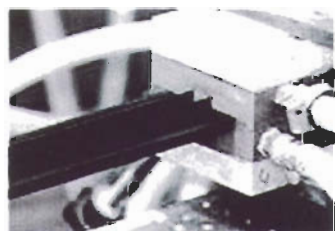
pr EN 12365-2 Compresión

pr EN 12365-3 Recuperación de la desviación

pr EN 12365-4 Recuperación de la desviación a largo plazo



Doble junta



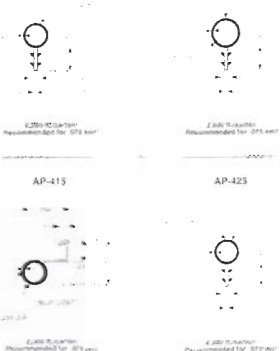
Fabricación de la junta



Juntas en almacén

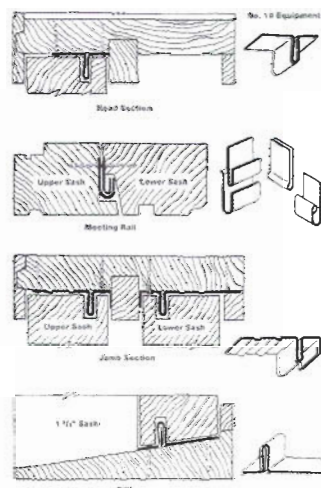


Juntas de cepillo

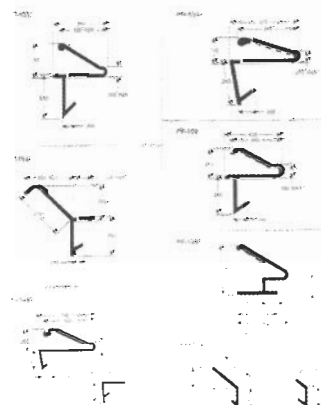


Juntas tubulares

**Colocación de una junta con patilla de anclaje**



**Juntas de ventanas de guillotina**



Juntas metálicas

# El vidrio en la carpintería

El vidrio es un material imprescindible para la carpintería.

Según la mayoría de los códigos constructivos, los acristalamientos quedan caracterizados por las condiciones de diseño de las carpinterías.

Como elemento constructivo en carpintería exterior, la vidriería debe tener una adecuada resistencia a la acción del viento, debe colocarse con holgura suficiente para absorber sus dilataciones y no transmitir vibraciones a los perfiles.

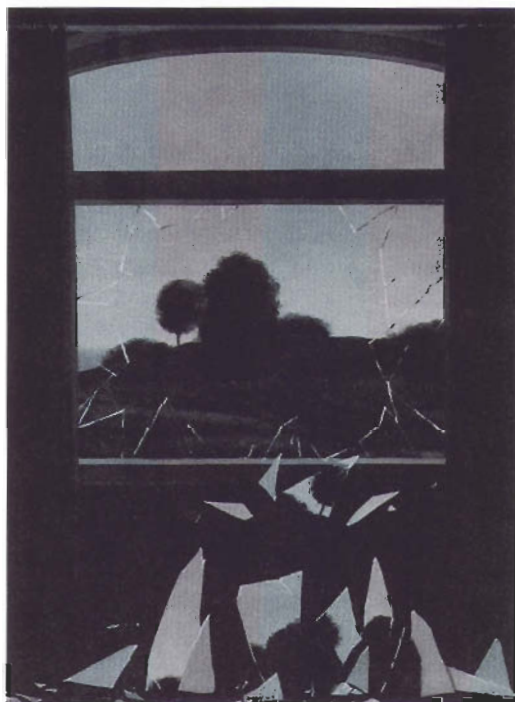
Estará resuelta la posibilidad de su limpieza, conservación y reposición teniendo en cuenta la seguridad de los usuarios y operarios.

## Desarrollo histórico

En Occidente el desarrollo de la ventana está estrechamente ligado a la madera y al vidrio aunque con anterioridad se utilizaron los siguientes materiales.

### *Muscovita*

También denominada Mica común, es un abundante silicato mineral que se



forma en capas finas, de hojas transparentes y que se utilizaba en Rusia para paneles de ventanas, de donde le viene el nombre. La muscovita o moscovita es generalmente incolora pero puede tener tonalidades gris, marrón, verde pálido, rosa y rojo. Su bajo contenido en hierro le hace un buen aislante térmico y eléctrico.

### *Obsidiana*

De origen volcánico es un material muy rico en silicio, ligeramente más duro que el cristal de vidrio. Tiene

un color ligeramente rojizo. Los aztecas y los griegos la utilizaron como espejos.

### *Alabastro*

Yeso de grano fino que se ha usado durante siglos en estatuaria, revestimiento y joyería. Normalmente es de color blanco-nieve y translúcido, pero puede colorearse artificialmente.

### *Ónix*

Semipreciosa variedad de mineral silíceo como es el ágata, con bandas blancas y negras alternas.

# Historia del vidrio

Aunque se cree que se inventó en Mesopotamia en el año 2500 a. de C., los romanos fueron los que extendieron su tecnología. También los egipcios lo conocían: en la tumba de Tutmosis III aparecieron las primeras vasijas de cristal que se conservan (1450 a. de C.). Desde Egipto, la tecnología se difundió por Fenicia y con Alejandro Magno, a la India.

Al comienzo de la Era Cristiana, los fenicios aprendieron a soplar el vidrio con un tubo metálico con boquilla (una caña en torno a 1,5 m de largo). Este 'globo' podía ser moldeado.

Romanos y egipcios usaron probablemente como materia prima arena mezclada con conchas marinas, silicatos, cal y cenizas de madera. Para obtener el color empleaban óxidos metálicos. Los romanos empezaron a colocar huecos acristalados en las termas, con su color característico verde-azulado, pero no consiguieron obtenerlo en planchas ni tampoco que fuera transparente.

Con la caída del Imperio desapareció la tecnología, y su fabricación, hasta la Edad Media, siendo los Normandos quienes lo volvieron a desarrollar.

El vidrio se volvió a soplar con tubo metálico. Otra vara colocada en el otro extremo hacía que el globo tomara una forma plana. Esta pieza, en forma de disco se giraba intensamente y, para que no se aflojara, se metía sucesivamente en el horno. El disco obtenido era relativamente plano salvo en el centro.

Este sistema permitía obtener diámetros de hasta 60 cm.

La otra técnica consistía en formar, mediante soplado, un cilindro que, abierto, se cortaba longitudinalmente hasta hacerse plano.

La técnica del soplado ha seguido utilizándose hasta hace bien poco; a principios de 1900 el uso de aire comprimido permitía lograr cilindros de 75 cm de diámetro y 9 metros de largo.

## La vidriera medieval

Cualquiera que fuera el sistema elegido, una vez obtenidas las piezas, se igualaban los contornos rayándolos con un crujidor (instrumento metálico con encajes, que permitía romper con mucha precisión el borde de la pieza). Cada una de ellas se fijaba con clavos a un tablero y se sujetaba provisionalmente con plomo. Posteriormente se pintaba y repasaba el conjunto con una pintura denominada grisalla, formada por óxidos de hierro. Con ella

se conseguían ciertos detalles y sombras (pliegues de la ropa, relieves en el rostro, etc.)

Después se recocía el conjunto, para fijar los retoques, a 800°C.

El montaje definitivo se realizaba por medio de perfiles de plomo cuyas alas se levantaban ligeramente con una tingla y después se apretaban contra el vidrio.

Cuando toda la vidriera estaba montada se enmarcaba para darle la rigidez necesaria, añadiéndole una red o barras transversales, si era necesario. Las barras se fijaban a las jambas de piedra con chavetas colocadas en distintos puntos del hueco.

Con las Cruzadas, las técnicas de vidriería se exportaron a Oriente. Los maestros vidrieros, al igual que otros oficios medievales, conocían los secretos técnicos iniciáticos que se transmitían celosamente a las sucesivas generaciones. El vidrio se obtenía con dos partes de ceniza de haya y una de arena de río, cuidadosamente limpiadas, mezcladas y fundidas. Durante la cocción se añadía cierta cantidad de sal para mejorar su fundibilidad, y algunos óxidos metálicos coloreantes (cobalto para el azul, cobre para el rojo, magnesio para el lila, antimonio para el amarillo, e incluso el oro). Los





Catedral de Chartres



Catedral de Salisbury

colores se utilizaban con simbolismos concretos. Para lograr más planitud era imprescindible lijar y pulir.

### El vidrio en el Renacimiento

En Venecia se producía vidrio para toda Italia, lográndose allí por primera vez la fabricación de vidrio plano transparente de cierta dimensión, lo que propició las ventanas de junquillos empleadas por los grandes arquitectos renacentistas y manieristas.

### Desde el siglo XVII hasta nuestros días

En 1674 George Ravenscroft incorpora óxido de plomo a la mezcla consiguiendo un vidrio cuyo índice de refracción o brillo es superior al de los vidrios anteriores. En 1688 se empiezan a producir industrialmente planchas de cristal plano en dimensiones mayores para ventanas y espejos. Hasta el siglo XVII, en que

se empezó a utilizar carbón como combustible, el vidrio se fabricaba en hornos de leña y carbón vegetal, por lo que requerían enormes cantidades de madera; los fabricantes se instalaban cerca de grandes bosques que acababan siendo expoliados por este motivo.

A partir del siglo XVIII, se empezó a fabricar cristal a gran escala y se incrementó su empleo en ventanas. A principios del siglo XIX se logra obtener vidrio a unos precios asequibles y convertirlo en un material de consumo corriente para muchos usos, mejorando su aislamiento térmico y acústico, su resistencia mecánica y al fuego.

En 1909 Edouard Benedictus patentó un sistema de dos cristales con una lámina intermedia de celuloide que, al sufrir un golpe sólo se resquebrajaba. La lámina iba coloreándose con el tiempo perdiendo el cristal transparencia.

En 1913 la empresa

estadounidense Corning Glass comenzó a investigar lo que en los años 60 daría lugar al Pirex, un vidrio de seguridad que se partía en trozos muy pequeños al romperse. En 1920 se desarrolló el sistema de fabricación Bicheroux, a base de rodillos lo que reducía la labor de pulido.

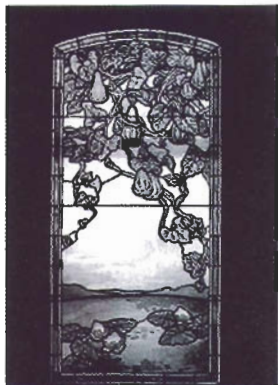
Más tarde se introdujeron los sistemas Fourcault y Colburn. El proceso Pilkinton conseguía el pulido al fuego del vidrio de ventana y la planitud de la luna. Finalmente se desarrolló el proceso electroflotante en 1967. Actualmente siguen desarrollándose nuevos sistemas (Boc, etc.)

## Fabricación del vidrio

El vidrio se obtiene, como ya se ha dicho, de una mezcla de diversos silicatos, fundida a alta temperatura. Químicamente resulta de la fusión del silicio y calcio, o de sodio y calcio.

Las materias primas para su obtención son: arena de cuarzo 58,6%, sosa 17,5%, dolomía 10,5%, cal 9,9% y sulfato de sosa 17,5%. La mezcla se halla en estado pastoso a los 1400°C y luego se deja enfriar lentamente alcanzando, por gravedad, un grosor de 7 mm. Si se emplean rodillos, pueden obtenerse grosores entre 2 y 25 mm. Los anchos pueden llegar a 4 metros. Los vidrios opacos (opal, opalinas, etc.) se obtienen con espato de flúor o criolita y el vidrio de colores por sales y óxidos metálicos.

El vidrio de silicio (silica glass) se usa donde se necesita una alta temperatura de servicio y resistencia al choque, durabilidad química y baja conductividad eléctrica así como buena transparencia ultravioleta. Para la mayoría de los productos, incluidas las ventanas, basta con las propiedades que se obtienen con la mezcla sodio-cal-silicio. El cortado del vidrio se realiza por medio de un



diamante o de una roldanita de acero que antes se sumerge en aguarrás. Para poder cortar correctamente un cristal grueso conviene antes embadurnarlo con petróleo o aguarrás. Todos los cantos, por lo menos aquellos que queden a la vista o se tengan que tocar, han de pulirse. Así mismo hay que pulir los cantos de todos aquellos vidrios o cristales que se tengan que atornillar. En algunos casos basta con esmerilar el canto y biselar ligeramente las esquinas. También están indicados los chaflanes en las vidrieras con bastidor de poco galce, en los que un canto desportillado podría resultar evidente.

## Tipos de vidrios

### Vidrio prensado (catedral u ornamental)

Se trata de un vidrio no muy grueso y de superficie irregular que se empleó con frecuencia en la construcción de las vidrieras de las catedrales y por esta aplicación adquirió el nombre de vidrio catedral. Más tarde se desarrollaron nuevas texturas que se conocieron con el nombre de vidrio ornamental o prensado. Durante su fabricación se imprimen en el vidrio fundido diversos grabados gracias a unos rodillos con distintos patrones. La luz queda rota y refractada, hasta el punto de que los objetos que se ven a través del vidrio prensado pierden sus contornos y sólo se ven como masas. Si a estos efectos ópticos se añaden otras cualidades prácticas (como son la resistencia a la corrosión, a descomponerse, a enmohecerse, a ser inatacable por muchos agentes químicos y la polilla, a no absorber olores ni arder, etc.), resulta un material inapreciable. A estas cualidades hay que añadir su facilidad de limpieza. Entre los vidrios de color prensados están el antiguo, alemán viejo y catedral. Tiene

unos 3 mm de espesor. El vidrio antiguo se obtiene por la incorporación de óxidos metálicos resultando coloreado. El vidrio antiguo puede ser de máquina, con un grosor 4/4 (de 2,3 mm de grueso) manual, mucho más caro. Según la tonalidad será más o menos transparente.

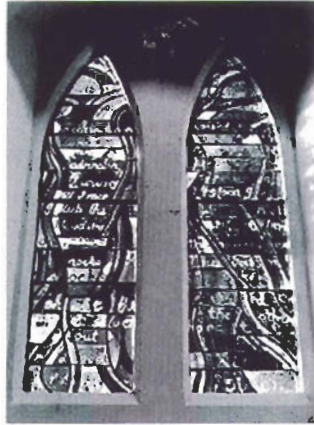
#### *Vidrio antiguo manual*

Se obtiene por fundición en espesores de 2-3 mm. Su masa vítrea es la misma a partir del vidrio antiguo y el medieval. Es translúcido pero no transparente. Pueden ser mates y grabados. Los vidrios grabados al ácido se obtienen mediante ciertos productos químicos, y los mates, por chorreado de arena o arenado. En ambos tipos, la superficie es siempre granulosa.

#### **Vidrio fundido**

Son los vidrios de suministro normal. Su fabricación parte de los mismos materiales tradicionales, diferenciándose por el proceso de elaboración y por sus métodos industriales de fabricación.

Las materias primas (arena, sosa, sulfato, cal y otras) se mezclan y se introducen en los hornos de fusión a 1450°C en



proceso continuo. Esta masa de vidrio fundido sale del horno a una temperatura de unos 1200°C, se hace pasar por unas calandrias o laminadores que le dan el grosor necesario y salen candentes, en una banda continua que se somete a un progresivo enfriamiento dentro de cámaras especiales, hasta adquirir la temperatura ambiente. Es un producto estabilizado, es decir, es sometido a un proceso de enfriamiento controlado con el fin de eliminar tensiones. Después se corta a la medida deseada, se embala y queda listo para su envío.

#### **Vidrio plano sencillo**

Como se ha dicho ya, el vidrio se obtenía soplando y formando cilindros que luego se despleaban

sobre una mesa, por cuyo motivo se le conocía como vidrio soplado. Este sistema se sigue produciendo industrialmente con máquinas de estirado continuo.

Durante el proceso se producen diferentes irregularidades como son ondulados, burbujas, corrugados, rayas, etc. según las cuales los vidrios se clasifican en distintos grupos.

Según el espesor se clasifica en cuatro tipos. Uno de los cuales, el vidrio sencillo o de ventana tiene estos tipos:

- vidrio 4/4 de unos 2,3 mm de espesor con tolerancias de 0,1 a 0,2 mm
- vidrio 6/4 de unos 3,0 mm de espesor con tolerancias de 0,2 a 0,3 mm
- vidrio 8/4 de unos 4,0 mm de espesor con tolerancias de 0,2 a 0,4 mm

#### **Vidrio opal**

El vidrio opal se fabrica en placas con espesores de 8 a 30 mm por el mismo proceso de vidrio fundido y puede ser pulido, mate o satinado.

Puede obtenerse de varios colores y en espesores pequeños. Se emplea como cristal corredero.



### **Vidrios colados**

Son vidrios translúcidos. Una de las dos caras posee un relieve obtenido por impresión mecánica. El espesor es algo mayor al corriente. Pueden ser armados.

### **Vidrios laminados**

Son normalmente vidrios de seguridad. Se componen de al menos dos vidrios simples. Se encolan con interposición de films de materia plástica escogida por alguna característica específica (resistencia, adherencia, capacidad de reflexión o elasticidad).

Los vidrios con control solar, los más frecuentes, tienen una lámina interpuesta de polivinil butiral (PVB) adherente.

Los vidrios laminados de seguridad emplean un tipo de adhesivo estructural.

### **Vidrio templado**

Es una hoja de vidrio sometida a un tratamiento térmico especial que le confiere una particular resistencia a flexión, choque mecánico y térmico. En caso de rotura se fragmenta en pequeñas partículas sin aristas cortantes siendo, por tanto, un producto de seguridad.

Se fabrican en un proceso de recocido elevando la temperatura hasta 700° C y enfriando bruscamente, lo que da lugar a una capa superficial bajo fuertes

tensiones con polarización equilibrada.

Se pueden temprar piezas hasta de 3800 x 2150 mm. Tienen el inconveniente de que no pueden cortarse por procedimientos normales.

A pesar de su carácter de seguridad, los vidrios templados no se consideran como elementos únicos de protección, debiendo situarse, al menos un elemento horizontal resistente entre 0,90 y 1 m como medida de seguridad. Se usa especialmente en mamparas de duchas, paredes deportivas (squash, paddel..), paneles de anuncios y mamparas de mobiliario urbano, etc.

### **Vidrio armado**

Para la fabricación del vidrio armado se emplean rollos de alambre de 0,5 mm que se introducen antes de entrar el vidrio en los dos cilindros de calandrado, formando una banda continua con el vidrio. La tela metálica puede tener el dibujo de cuadros o de hexágonos. En el vidrio armado la irregularidad se consigue con el propio alambre. Éste proporciona una mayor seguridad contra las posibles roturas, pero disminuye su luminosidad (alrededor de un 25%). El vidrio prensado armado ofrece, al mismo tiempo que una ornamentación, más seguridad. Tanto en su versión normal como

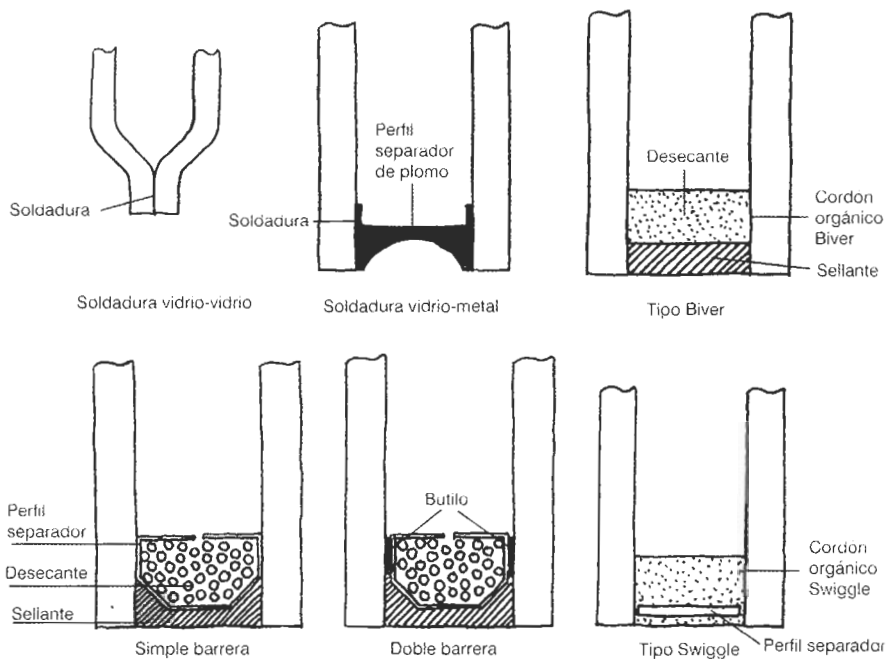


en prensado, el vidrio armado se fabrica en gruesos de 6 a 8 mm. El vidrio armado se calibra y se pule y se puede utilizar color, opal y mate en gruesos de 3 a 10 mm.

Los vidrios armados no se consideran como elementos únicos de protección, debiendo situarse, al menos un elemento horizontal resistente entre 0,90 y 1 m como medida de seguridad.

### **Vidrios aislantes**

El principio sobre el que están basados estos vidrios es utilizar la capacidad aislante de la lámina de aire, encerrada de manera estanca, entre las dos láminas de vidrio. Las primeras unidades empezaron a fabricarse a



mediados de los años 30. Normalmente se escogen vidrios de espesor y frecuencia crítica diferentes ya que el defecto de aislamiento de uno de los vidrios se compensa con el otro y viceversa. La cámara de aire interior está rellena de aire deshidratado, es estanca y debe serlo de modo permanente para evitar la condensación u otro tipo de depósitos sobre sus caras internas. Para ello suelen contener un deshidratante y disponer de una o dos barreras de estanquidad. Las distintas tecnologías de fabricación han pasado por tres tipos de familia según el sistema de unión de los vidrios:

espaciadores soldados, espaciadores pegados y espaciadores orgánicos. La soldadura vidrio-metal (años 30) era a base de plomo y se conocía como Thermopane, una banda de plomo soldado al estaño sobre el vidrio, después de haber depositado una capa de cobre (actualmente no se fabrica por su fragilidad y rigidez). La soldadura vidrio-vidrio (años 50) obtenía mejor estanquidad pero se abandonó por problemas de fabricación. El escuadrado entre los dos vidrios se mantiene mediante perfiles tubulares. A veces se trata de un marco engastado de acero inoxidable que pinza los dos vidrios sobre el

marco intercalado; este cuadro asegura el conjunto a la vez que protege los cantos.

Los espaciadores pegados con colas sintéticas empezaron en los años 60 y eran más económicos. Eran de barrera simple o doble (que añadía dos juntas de butilo). La separación entre lunas se lograba mediante un perfil de aluminio con relleno de material desecante. Cerrando y tapando el separador en todo el borde se colocaba un sellante.

Los espaciadores orgánicos son de los años 70 y sustituyen el separador de aluminio, relleno con desecantes por un cordón de componentes orgáni-

cos. Los más conocidos son el tipo Biver (1973) y sobre todo el tipo Swigle (1979) que conoció un gran auge en España a raíz de las homologaciones del MOPU y el Sello INCE en los años 90. Esta solución resuelve con un único componente las distintas funciones de los anteriores: unión, sellado, desecación. Sin embargo a nivel comercial no ha podido desplazar al cordón de aluminio. La eficacia de los vidrios aislantes depende también de la separación de las láminas de vidrio. Ésta se incrementa hasta los 20 mm de separación. Más allá no mejoran, siendo la óptima entre 12 y 14 mm ya que en separaciones superiores, la corriente de aire se eleva por la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior. Los vidrios Climalit por ejemplo tienen la siguiente sección 4/12/4 mm y 6/8/4 mm. El vidrio doble (especial o de máquina) se fabrica en espesores de 4-6, 5-7 y 6-8 mm. El coeficiente K pasa así de 5,7 W/m<sup>2</sup> C (o 4,9 kcal/m<sup>2</sup> C) en un vidrio simple y a 3,4 ó 3 W/m<sup>2</sup>C (ó 2,9 y 2,6kcal/m<sup>2</sup> C) en vidrios dobles. El resultado puede todavía mejorarse si las láminas de vidrio reciben un tratamiento: por ejemplo en el thermopane, realizado con vidrios

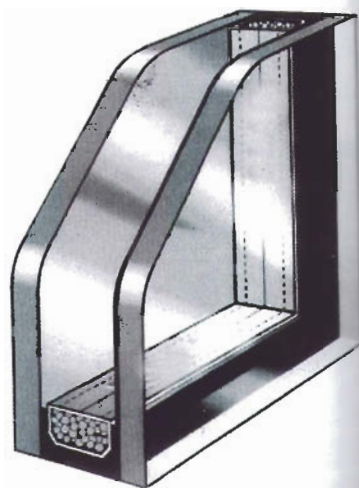
Stopray donde la cara interna del vidrio exterior está metalizada, el coeficiente K baja a 2,2 W/m<sup>2</sup> C (ó 1,9 kcal/m<sup>2</sup> h C). La calidad de la estanquidad de la junta es esencial en la conservación de la transparencia: cualquier penetración de aire exterior introduce humedad y polvo con condensación de las paredes interiores lo que hace perder nitidez. Los vidrios aislantes pueden elaborarse en grosores mayores para usos especiales como losetas, pavés, etc. Cuando este vidrio se calibra y pule se obtiene la crotanina o luna pulida que es apta para realizar espejos.

#### VIDRIOS CON CONTROL SOLAR: REFLECTANTES Y ABSORBENTES

Una parte de la energía solar que incide en un acristalamiento se transmite directamente a través del vidrio (transmisión); otra parte es rechazada (reflexión) y el resto es absorbido por el vidrio calentándose. El factor solar del vidrio se compone de la energía transmitida y la que irradia hacia el interior.

El rendimiento energético de los edificios y su confort interno mejoran de forma muy notable con la utilización de los siguientes acristalamientos:

- Acristalamiento aislante, formado por dos capas de vidrio con una cámara de



Vidrios dobles aislantes



aire seco en su interior.  
– Acristalamiento de control solar o vidrios de capa que mejoran de forma muy importante las prestaciones del acristalamiento aislante. Deben proyectarse cuida-



dosamente en función de las condiciones de cada hueco ya que disposiciones inadecuadas pueden producir efectos contrarios a los buscados. La función del vidrio con control solar es reducir la energía solar en el interior por medio de una reflexión adecuada: vidrios reflectantes y vidrios absorbentes o aislantes. Los acristalamientos de control solar, son, fundamentalmente, de dos tipos:

#### *Vidrios reflectantes*

Evitan las ganancias de calor producidas por soleamiento en el interior del edificio y reducen el efecto invernadero. Deben colocarse en carpinterías orientadas al sur o al oeste que puedan recibir radiación solar directa durante las horas de mayor calor. Deben calibrarse las pérdidas de ganancias de calor en las épocas frías.

#### *Vidrios de baja emisividad*

Reducen las pérdidas de calor del interior del edificio a través de acristalamiento. No deben colocarse nunca en orientaciones expuestas al sol en zonas cálidas. Aumentan el efecto invernadero al acumular en el interior el calor producido por la radiación solar, que queda retenida por el efecto bajo-emisivo. Son particularmente eficaces en orientaciones no expuestas ya que, aparte del ahorro energético,

evitan la sensación «robo de calor» que experimenta el cuerpo humano en presencia de la superficie fría de un acristalamiento normal con baja temperatura exterior.

Los vidrios de baja emisividad reducen la transferencia de energía calorífica gracias a recubrimientos especiales. Los recubrimientos tienen varias capas: utilizando una cámara de vacío resulta un vidrio con una gran transmisión de luz visible, color neutro y baja emisividad. En otras palabras, es invisible pero con control de los rayos infrarrojos, reduciendo los gastos de energía: en invierno refleja el calor hacia dentro de la habitación y en verano bloquea la entrada de los rayos infrarrojos.

En invierno, la temperatura del cristal por el interior permanece cálida y en verano fría, así es menos probable que se produzca condensación.

En un acristalamiento aislante sin esta capa metálica, más del 70% de la energía atraviesa el acristalamiento por radiaciones térmicas entre los dos vidrios.

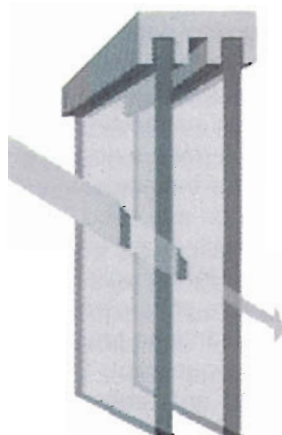
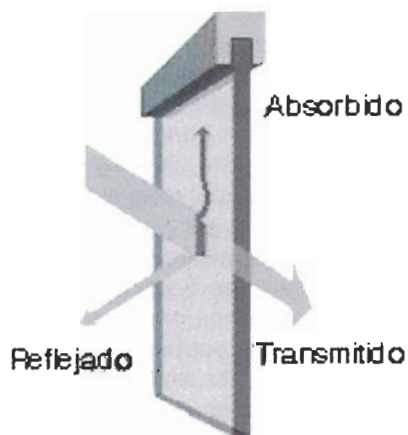
También limita un 84% de los nocivos rayos ultravioleta, lo que reduce el deterioro que éstos producen en paredes, muebles y telas.

El tratamiento más habitual es a base de capas de plata de unas millonésimas

de milímetro. Como un vidrio con una sola capa de plata no sería transparente, se colocan varias dando un vidrio casi transparente e incoloro. Además este sistema protege al conjunto contra la corrosión.

#### *Vidrios reflectantes y bajo-emisivos*

Son acristalamientos aislantes que acumulan en sus hojas ambas propiedades. Permiten disponer de ambos efectos en orientaciones expuestas. Pero existen aplicaciones donde esto no es posible (grandes dimensiones,



gran grosor, dificultad de visión...)

Los **vidrios reflectantes** añaden una lámina metálica. El revestimiento reflectante reduce hasta un 75% la ganancia de calor en verano, y la pérdida de calor en invierno en más de un 30%.

El vidrio clásico (sodocálcico) presenta en este sentido inconvenientes graves por su elevada transmisión energética (que puede llegar al 80%) provocando

sobrecalentamientos en las estancias bajo radiación solar directa.

Por esta razón se han desarrollado recubrimientos basados en estructuras multicapas con gran transparencia en el espectro visible y un aspecto próximo al vidrio incoloro, pero que reducen la transmisión de los infrarrojos. Se basan en los fenómenos interferenciales que se producen en las reflexiones en cada intercara: unas capas actúan como antirreflectantes y otras controlan la radiación infrarroja, logrando un compromiso entre transmisión energética y transmisión luminosa.

Se utilizan especialmente en vidrios dobles donde el desecante molecular asegura un aire seco, o en vidrios laminados, utilizándose un film de poliéster de 0,8 mm en la cámara que se mantiene tensado gracias a que son retráctiles en cámaras

deshidratadas. Según el tipo de gas y de cristal, se ajusta su capacidad aislante. Filtran los rayos U.V. hasta un 99% y los infrarrojo hasta un 92%.

### **Vidrios resistentes al fuego**

El comportamiento del vidrio a los cambios de temperatura es complejo. Entre las capas superficiales que contraen o dilatan más deprisa y las de interior se producen tensiones de tracción cuya magnitud depende de la diferencia de temperatura y del coeficiente de dilatación térmica del vidrio. Si éstas sobrepasan el límite de elasticidad del vidrio se produce la rotura.

Por debajo de 200°C la transmisión es por conducción. El coeficiente de conductividad aumenta con la temperatura en proporción progresivamente menor hasta hacerse constante a partir de 900°C. Las variaciones han tratado de establecerse mediante fórmulas empíricas.

En los vidrios hay dos formas de transmisión de calor: por contacto y por radiación que dan origen a dos tipos de conductividad.

El vidrio de baja conductividad térmica se fabrica poniendo en contacto durante su elaboración (prensado, soplado o estirado) con partes metálicas frías lo

que produce un brusco enfriamiento que da lugar a una marcada diferencia interior/exterior que da origen a tensiones que deben regularizarse mediante recocido en su estado plástico.

### **Vidrios rellenos de gas Argón**

Este gas, existente en forma natural, es incoloro, inodoro y no tóxico, no es corrosivo ni inflamable. Su conductividad térmica es un 30% más baja que el aire. Junto con otros tratamientos de la superficie del vidrio puede aumentar en un 100% el coeficiente K del doble vidriado.

### **Vidrios fotovoltaicos**

Estos vidrios funcionan al mismo tiempo como cerramiento y como productores de electricidad. Utilizan células fotovoltaicas de silicio (monocristalinas, policristalinas o multicristalinas) con diferentes grados de producción energética. El mayor rendimiento se obtiene como fachada fría ventilada en forma de muro-cortina.

### **Vidrios acústicos**

Se basan en los mismos principios que los aislantes térmicos de los vidrios dobles. Mediante la adecuada combinación de espesores de luna, resinas acústicas y cámaras, se consiguen

amortiguaciones de hasta 50 dBA.

El aislamiento acústico con doble acristalamiento se determina por la forma en que reacciona el sistema ante las ondas de ruido. Lo más importante es que las dos lunas tengan un espesor diferente. Cuanto mayor es la diferencia de espesor, mejor es el aislamiento acústico. Éste mejora además cuando se aumenta la distancia entre las lunas. Con un acristalamiento correcto se puede obtener un aislamiento de 40 dBA. Si se sustituye una de las lunas por otra de laminado de resinas el aislamiento mejora en 3-4 dBA. Las capas metálicas no influyen en el aislamiento acústico.



También puede utilizarse un vidrio monolítico de mayor espesor, ya que, como ocurre con la mayoría de los materiales la masa mejora el aislamiento. En el caso de varias capas es más importante la combinación que el conjunto.

### **Vidrios de seguridad**

Los productos vítreos pueden garantizar un cierto nivel de seguridad frente a acciones físicas mediante:

- un aumento de la resistencia a la rotura.
- una garantía de impene-trabilidad aunque se produzca la rotura.

El primer caso se soluciona con un templado del vidrio.

El segundo se consigue mediante el laminado, uniendo dos o más lunas mediante láminas de butiral de polivinilo (PCB). La adherencia butiral-vidrio se obtiene por tratamiento térmico y presión. El producto obtenido mantiene la transparencia de cualquier vidrio con un espesor equivalente y, variando el número de hojas y su espesor, se puede conseguir desde una seguridad física que llega hasta la protección anti-bala que el conjunto se beneficia de la elasticidad del polivinilo. Este vidrio protege contra el robo, armas de fuego y explosiones.

### **Vidrios decorados**

Se consiguen introduciendo determinados perfiles en una cámara de aire intermedia para lograr un efecto de vidriera o parteluz. Estos barrotillos interiores tienen *a priori* mucha más durabilidad que los auténticos aunque ha de comprobarse en ellos los efectos del efecto invernadero.

### **Vidrios curvados**

No son de aplicación en ventanas convencionales pero sí tienen gran interés en particiones decorativas y fachadas. El cristal curvado se obtiene a partir del calentamiento del cristal plano hasta su punto de plasticidad, dándole su forma deseada mediante molde. Puede ser laminado con interposición de láminas de polivinilo butiral que impide, en caso de rotura, el desprendimiento del cristal.

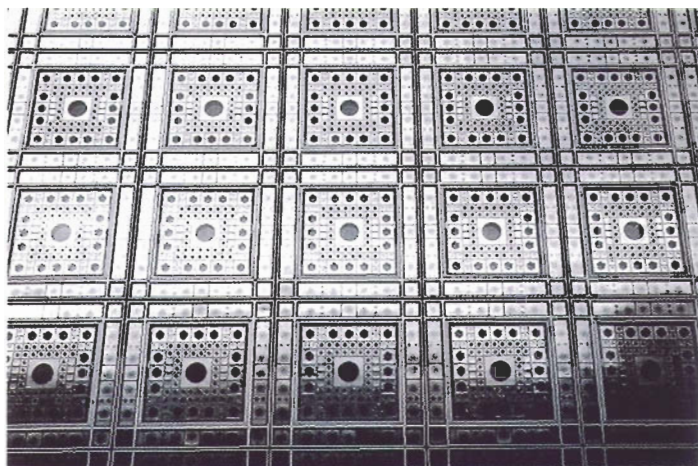
### **Vidrio tintado**

Los vidrios tintados se han utilizado de forma generalizada para reducir la ganancia solar. Sin embargo en un vidrio tintado simple, la reducción del calor solar no es significativa si se compara con un vidrio normal.

### **Vidrios con diafragma**

Son vidrios a los que se superpone un sistema de diafragmas que se abren o cierran según la cantidad de luz que incide, de la





Vidrios con diafragma en el Instituto árabe de Paris

misma forma que un objetivo en una cámara fotográfica. Fueron empleados por primera vez por Jean Nouvel en el Instituto Árabe de París.

### Espesores de vidrio

Los espesores corrientes en el mercado de cristal son:

*delgado* alrededor de 4 mm de grueso

*medio* alrededor de 4-6 mm de grueso

*grueso* alrededor de 6-8 mm de grueso

El cristal tres cuartos es un intermedio entre el vidrio plano y el vidrio fundido y su masa es igual a la del cristal convencional.

Debido a su poco espesor (3-4 mm) se obtiene por soplado y luego, gracias al desarrollo y pulido posterior, alcanza una calidad igual a la del cristal.

### Normas sobre vidrio

UNE-EN 410 Determinación de las características luminosas y solares

UNE-EN 410 Productos básicos del vidrio.

Vidrio de silicato sodocálcico

UNE-EN 572-2 Vidrio Plano

UNE-EN 572-3 Vidrio armado pulido

UNE-EN 572-4 Vidrio estirado

UNE-EN 572-5 Vidrio impreso

UNE-EN 572-6 Vidrio impreso armado

UNE-EN 572-7 Vidrio de perfil en U

UNE-EN 1036 Espejos de vidrio recubierto de plata para uso interno

UNE-EN 1096 Vidrio de capa

UNE-EN 1748 Vidrios borosilicatados

UNE-EN 1863 Vidrio de silicato sodocálcico

pr EN 12488 Tipos básicos de acristalamiento

externo e interior (vidrio estirado, plano, fundido,

armado, incoloro o coloreado) de acuerdo con la

EN 572.

Float: Deberá cumplir las exigencias de las Normas EN 572-1 y 572-2

Colados: Deberá cumplir las exigencias de las Normas EN 572-5 (vidrio impreso) y EN 572-6 (vidrio impreso armado).

Laminares: Cuando sea exigible, en cuanto a niveles de resistencia al ataque manual y/o antibala se refiere, deberá estar homologado según la Norma UNE 108-131-86 Partes 1 y 2.

Templados: Deberán estar identificados y amparados por el correspondiente sello del fabricante.

Doble acristalamiento: Deberá estar avalado por el SELLO INCE y/o en su momento por la correspondiente marca AENOR.

Vidrio de capa: En monolítico irá siempre con

la cara tratada al interior. En doble acristalamiento irá siempre con la cara tratada al interior de la cámara. Las características técnicas y de prestaciones serán avaladas por el fabricante.

# Instalación del vidrio

En la colocación del vidrio son necesarios tres elementos: los calzos (apoyo), las fijaciones (sujeción) y el sellado (estanquidad).

## Calzos de los vidrios

Los calzos son piezas de apoyo, tanto de asiento como en los laterales. El calzo tiene las siguientes funciones:

- asegurar el posicionamiento correcto del vidrio en la hoja
- transmitir a la hoja su peso propio y los esfuerzos soportados
- evitar que el vidrio toque el perfil de la hoja, aspecto importante en particular para los perfiles de hormigón y metálicos, ya que el contacto puede erosionar o debilitar el canto del vidrio.

Los calzos pueden ser de madera, de contrachapado impregnado, de plomo, de caucho y de materiales sintéticos (elastómeros), etc. debiendo responder a las siguientes condiciones:

- ser imputrescibles
- ser compatibles con los sellados
- no mermar la adherencia de los productos de relleno
- ser compresibles para permitir la colocación del vidrio
- ser elásticos para seguir los posibles movimientos de la junta y

- ser resistentes hasta temperaturas de 80°C.
- deben resistir 8-9 kg/cm<sup>2</sup> de presión

Su durabilidad debe ser inferior a la del vidrio. El calzo del acristalamiento es obligatorio cualquiera que sea el tipo de perfil aunque el de asiento y el periférico pueden suprimirse en ventanas con vidrios sencillos de menos de 60 cm y 8 kg de peso.

### Calzos de madera

Los calzos de madera suelen ser de especies duras, como el roble, olmo, sipo, etc. Sólo se utilizan calzos blandos para vidrios de pequeñas dimensiones y poco grosor. Las maderas de poca durabilidad deben recibir tratamiento fungicida e insecticida además de impregnarse en aceite. Es preferible que sean prefabricados y que traigan marcados sus espesores.

También pueden utilizarse contrachapados. El hecho de impregnarlos con grasa servía para que no absorbieran el aceite de las masillas.

### Calzos de caucho y materiales sintéticos

Aunque son sin duda más apropiados, existe riesgo de incompatibilidad entre

el elastómero y el aceite contenido en las masillas antiguas, lo que se traduce en un reblandecimiento del caucho o del material de síntesis.

### Calzos de asiento (o apoyo) C1

Son calzos destinados al reposo inferior del vidrio y tienen como fin repartir el peso sobre el travesaño inferior. Su posición se escoge para obtener la mínima deformación del bastidor. El número y posición de los calzos depende del marco: la distancia a ejes entre el calzo y la esquina del acristalamiento es 1/10 de la longitud del cristal y a bordes, de 1/20.

### Calzos laterales C3

Después de colocados los calzos de asiento, se colocan los laterales para asegurar el posicionamiento del vidrio en su plano y evitar cualquier desplazamiento al maniobrar. Se ajustan con una ligera presión entre cristal y bastidor. Como los calzos tienen que soportar el peso del vidrio responden a las mismas prescripciones de los calzos de asiento.

Los calzos laterales, correctamente posicionados, en

el fondo del galce deben permitir un asiento estable del cristal.

### Calzos periféricos o perimetrales C2

Son calzos que aseguran el contacto entre el fondo del perfil y el borde del cristal en caso de deformación del bastidor. El ajuste de estos calzos no se efectúa entre el vidrio y el perfil (para no repetir la función de los precedentes); no se suelen emplear en bastidores de madera.

### Normas sobre emplazamiento de los calzos

Existen una serie de recomendaciones sobre dónde y cuándo son necesarios los calzos en función del tipo de ventana. Están recogidos en los distintos códigos de carpintería y en las normas. En España están en la norma UNE 85-222-85.

## Sellado del acristalamiento

El sellado tiene como función impermeabilizar la holgura entre vidrio y perfil, cubriendo de paso los calzos. Existen selladores tradicionales de materiales naturales (masillas), todavía en uso pero los más extendidos son los selladores de materiales sintéticos.

### Juntas de acristalamiento

Como alternativa a las masillas aparecieron las juntas de estanquidad extruídas, de caucho y elastómeros similares, PVC u otros materiales termoplásticos, con una forma adaptada al tipo de hoja.

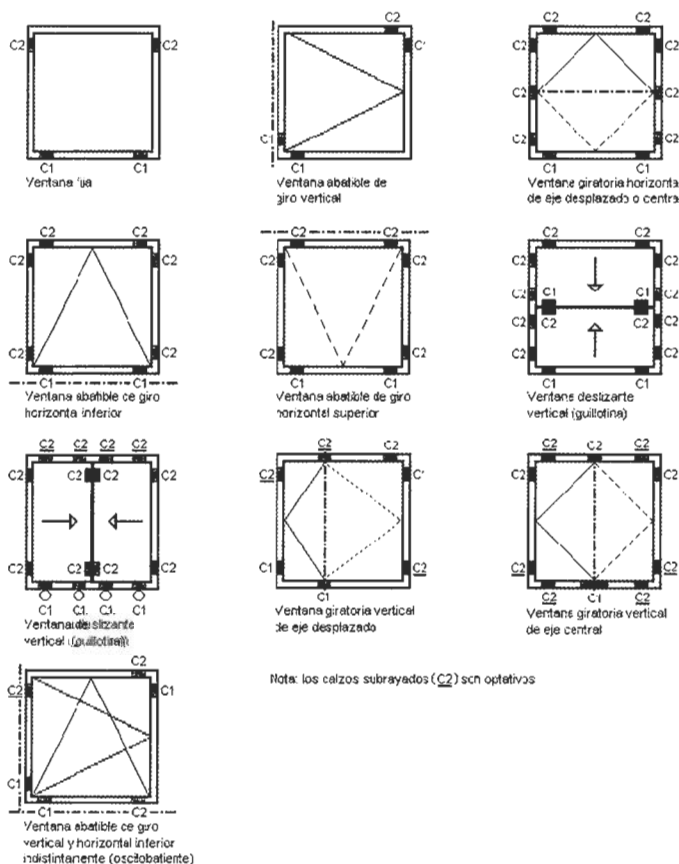
Algunas juntas incluso eliminan el perfil del bastidor. Son estructurales y pueden soportar ellas solas el vidrio. Por su perfil pueden ser de sección en Y y de sección en H.

Las de sección en Y no aportan solo estanquidad a la intemperie sino sustento estructural al vidrio. Están previstas para ajustarse a una ranura periférica.

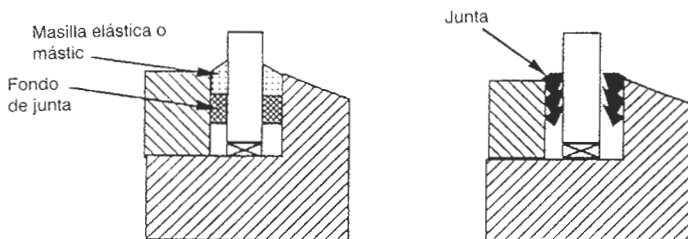
Las de sección en H están previstas para embutirse en un perfil saliente.

### Fondo de junta

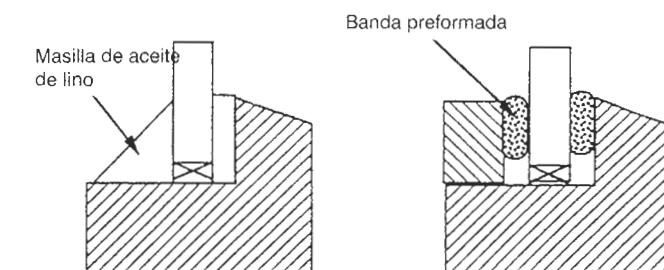
Es un perfil flexible, en forma de espuma, plano o cilíndrico (por ejemplo



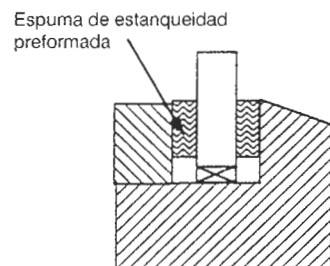




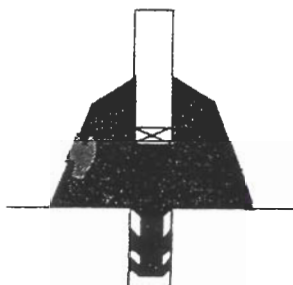
**Distinción básica de los sellantes: masillas y juntas preformadas**



**Masilla de aceite de lino**

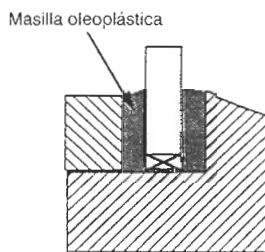


**Espuma preformada**



Junta estructural en forma de Y

**Banda preformada**



**Masilla oleoplástica**



Junta estructural en forma de H

polietileno) que puede ser adhesivo sobre una de sus caras. Se utiliza conjuntamente al producto de estanquidad.

Sean sellados o juntas deben tener una durabilidad de 10 años en régimen de uso normal. Su contribución a la estanquidad y permeabilidad de la ventana, no deberá disminuir en más de un 20% en ese tiempo y su aspecto debe permanecer igualmente en buenas condiciones.

**Masillas tradicionales**

- Las principales son:
- masillas de aceite de lino
  - masillas bituminosas y
  - masillas oleoplásticas

*Masilla de aceite de lino*  
Se trata de un material fabricado a partir de aceite de lino (con proporción de entre un 7 y un 15%) y de masilla, que se endurece con la mezcla después de pasar una fase plástica. Se empleaba para la colocación de vidrios sencillos en las ventanas antiguas de galces no drenados y todavía se usa en carpinterías modestas salvo con vidrios aislantes, con los que nunca pueden usarse. Tomaban forma de bisel (o bovedilla) al rellenar el recercado. Su endurecimiento se realizaba por

oxidación lenta.

A veces, se despegan de la cristalería permitiendo infiltraciones siendo su elasticidad entonces prácticamente nula.

Se recomienda dar una capa de fondo o imprimación al galce ya que, si el aceite se traslada a la madera, la masilla coge polvo y se degrada rápidamente. Para su mejor conservación se recomienda pintarla, evitando así un envejecimiento prematuro. Aunque contribuye a ello, la masilla nunca debe asegurar el sostenimiento del cristal; este papel le compete a fijaciones, clavos o rombos del cristallero.

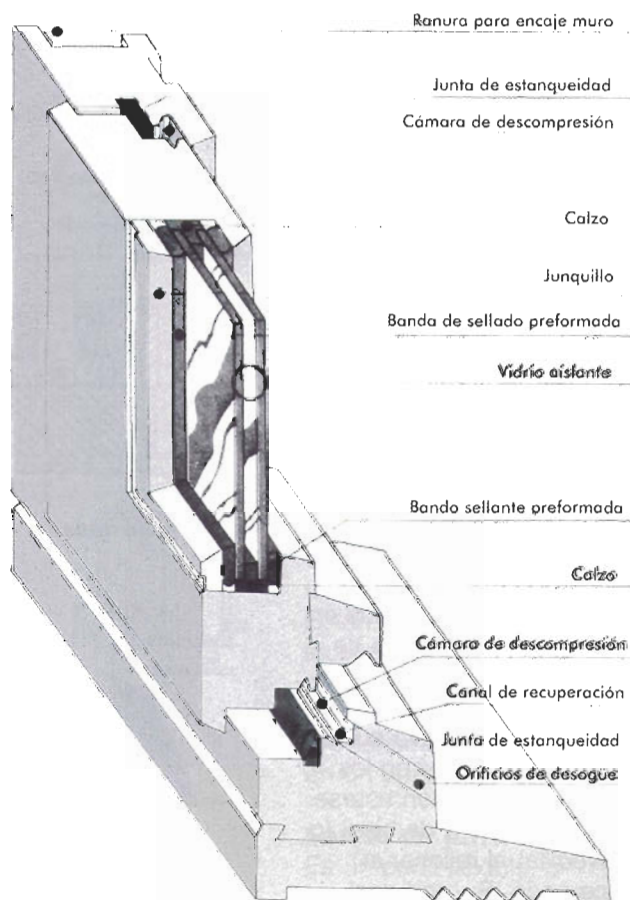
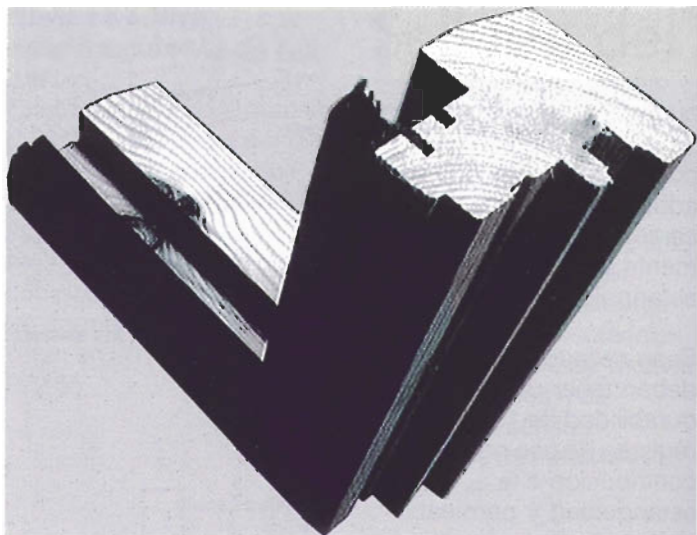
#### *Masillas bituminosas*

Se colocan lateralmente en bisel o recercando y se destinan a carpinterías metálicas o de hormigón. Son poco utilizados por la expansión del alquitrán a través de la pintura por efecto del calor.

#### *Masillas oleo-plásticas*

Es un material fabricado a partir de aceites sintéticos y de masilla, que después de la aplicación mantiene un comportamiento plástico sin limitación de movimientos combinados. Se caracteriza por una cierta deformación residual. Se colocan con un cierto bisel, recercando al cristal. Se dividen en dos clases:

- de un componente, libre y preparado para su



Elementos del vidriado actual: calzos, juntas y sellados

empleo. Son difíciles de colocar en obra por sus bajas temperaturas.

- de dos componentes que deben ser mezclados en obra antes de su empleo. A menudo se emplean sin calce lateral.

#### *Bandas preformadas*

Es un producto preformado o extruido, con sección constante, previsto para utilizarse directamente. Se adhiere al comprimir entre sí vidrio y perfil. Trabaja a compresión. El grado de compresión puede ser limitado por la incorporación de un cuerpo de estabilización u otro medio parecido.

#### *PERFILES SINTÉTICOS*

Existen dos tipos de sellados: los elásticos, que recuperan al menos el 70% y los plásticos, que recuperan menos del 70%. Contrariamente a las masillas tradicionales que rellenan toda la cavidad del galce, éstos se aplican en forma de cordón y tienen una sección reducida.

#### *Perfiles elásticos*

Son perfiles preformados extruidos con sección transversal constante, diseñada para ser utilizada directamente.

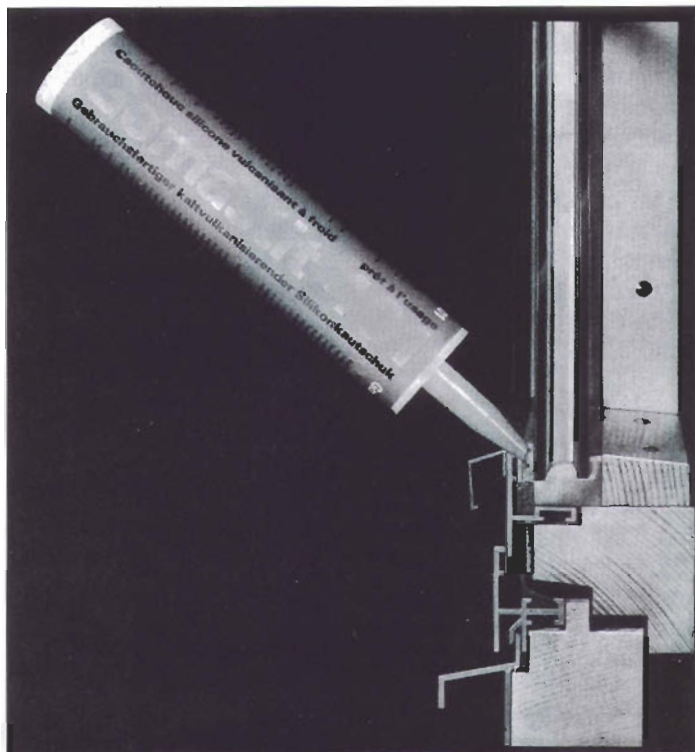
Los más conocidos son la goma flexible y el caucho, tanto natural como sintético (EPDM), butilo, cloropreno u otros materiales elásticos, con la forma adaptada al tipo de galce



#### **Colocación de bandas preformadas autoadhesivas**

de acristalamiento/junquillo. Pueden ser autoadhesivos, se presentan en distintos colores y pueden incorporar un refuerzo de fibra de vidrio. Se adhieren, tras compresión, al vidrio y al galce.

La estanquidad se asegura por la presión de contacto entre los labios de los perfiles y las superficies del acristalamiento al menos del 10% de su espesor. Deben presentar una buena adhesión y





plasticidad constante. A veces incorporan un elastómero vulcanizado, lo que hace innecesario el calce lateral, cualquiera que sea la presión ejercida sobre el acristalamiento. Se colocan de forma similar a las juntas de estanquidad, sirviéndose de la misma tijera o cortadora.

### Masillas plásticas

Suelen ser monocomponentes (de uso directo), a base de caucho-silicona de tipo ácido o neutro. Son de elasticidad permanente, de reticulación neutra y bajo módulo de elasticidad. Son resistentes a los agentes atmosféricos y a los rayos UVA.

### Siliconas

Las siliconas son un compuesto no reticulable fabricado a partir de aceite sintético y rellenos que, tras la aplicación, mantiene un comportamiento plástico dentro de movimientos de junta limitados. Se caracteriza por una cierta deformación residual.

### Normativa

Los selladores empleados para asegurar la estanquidad de la ventana serán de uno de los siguientes tipos, según la norma ISO 11600: Para el acristalamiento se elegirán entre los selladores de acristalamiento definidos

en la norma: G 25 LM, G 25 HM, G 20 LM y G 20 HM

### Colocación de la masilla

#### *En galce no-drenado*

La colocación en un galce no drenado se hace aplicando contra el flanco del perfil una capa de contra-masilla, se dispone el acristalado repartiendo los juegos periféricos. La masilla debe fluir sobre el borde y en el fondo del perfil después de apoyar el vidrio y conservar un espesor regular de al menos 3 mm y cubrir el calzo lateral 4 mm como mínimo.

A continuación se colocan los elementos de fijación, y se realiza el relleno con una cara mínima de 9 mm y se adereza y aplana la masilla. Si la masilla empleada es de aceite de lino, el relleno se cubre con pintura compatible.

#### *Masilla de recercado o relleno completo*

Este tipo de puesta se efectúa sin dejar huecos ni bolsas de aire. El espesor mínimo de contra-masilla es de 3 mm y la altura mínima sobre el calce lateral es de 4 mm.

#### *Masilla con relleno parcial*

Se coloca la masilla de relleno sobre el fondo de la junta o sobre una banda preformada. En el lado del junquillo, el relleno parcial se realiza en dos fases, sin dejar huecos ni burbujas de

aire.

Las secciones mínimas de masilla y el fondo de junta son de 4 x 4 mm.

La sección mínima de la banda preformada es de 4 x 9 mm. La altura mínima sobre el calzo lateral es de 4 mm.

### Fijaciones del cristal

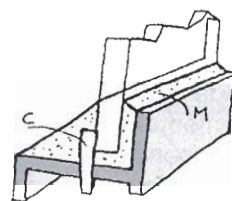
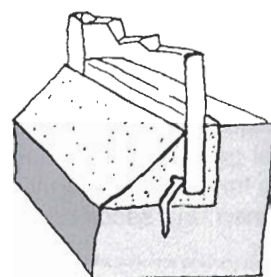
El sostenimiento mecánico del acristalamiento puede asegurarse con distintas fijaciones:

#### *Clavos o chavetas de acristalamiento*

Se utilizan únicamente para hojas de madera.

#### *Triángulos y rombos*

Son de metal ferroso y no ferroso. La elección entre los dos sistemas se



Fijaciones con puntas y clavijas

determina por la sensibilidad de regulación de la pistola y la dureza de la madera.

### Clavijas

Son de metal, madera dura o materiales de resistencia equivalente. Si son de madera se las impregna de aceite y se las somete a tratamiento fungicida/insecticida.

### Contra-clavijas

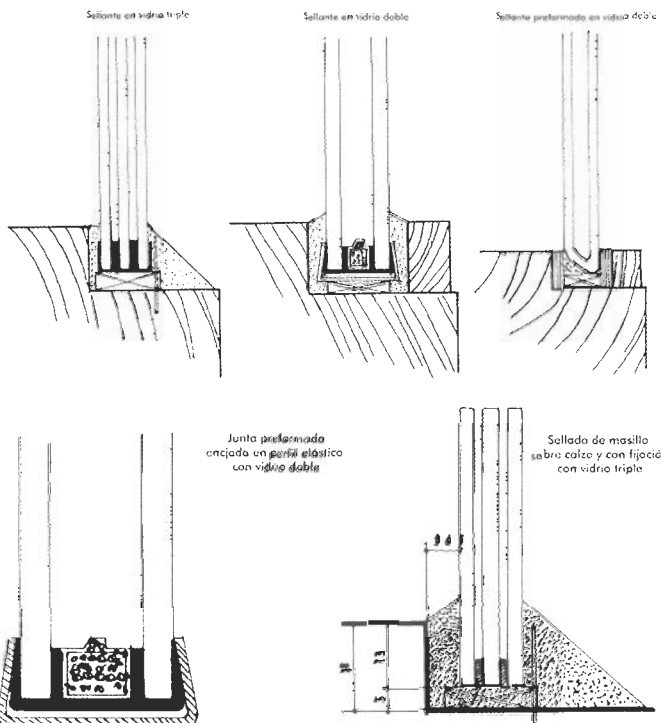
Son de madera dura o material equivalente con la misma resistencia. Se las impregna de aceite y se las trata con fungicidas/insecticidas. Se emplean fundamentalmente en perfiles metálicos.

## Colocación de vidrios aislantes

### Masillas de estanquidad para doble acristamiento

Son masillas de poliuretano monocomponente que, bajo la acción de la humedad se convierten en un elastómero de gran calidad. Endurece (polimeriza) con la humedad atmosférica. La reacción química comienza al abrirse el envase hermético y se extruye el producto. Después de un cierto tiempo la masilla plástica se transforma en un elastómero de gran calidad.

El conjunto debe tratarse cuidadosamente para proteger el sellado antes



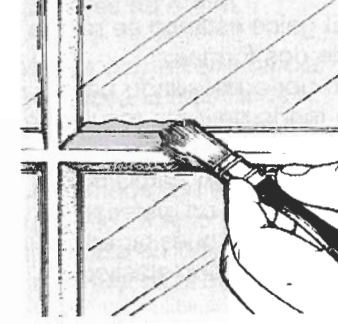
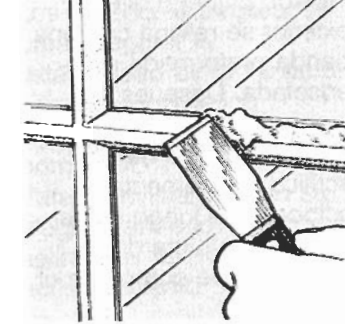
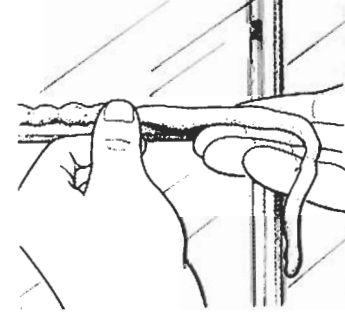
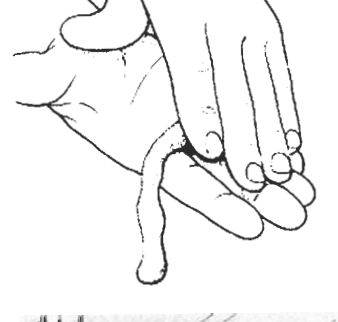
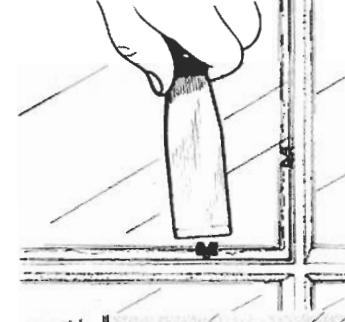
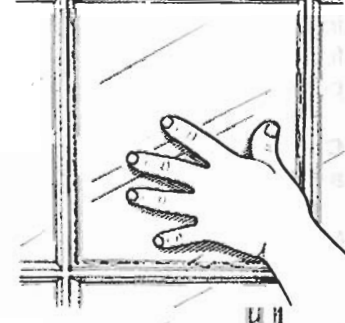
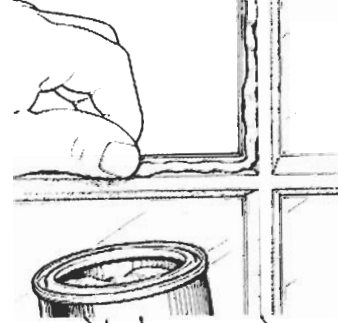
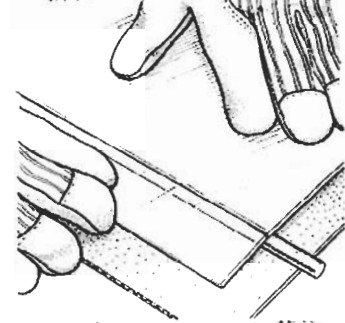
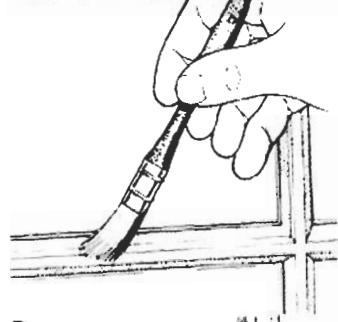
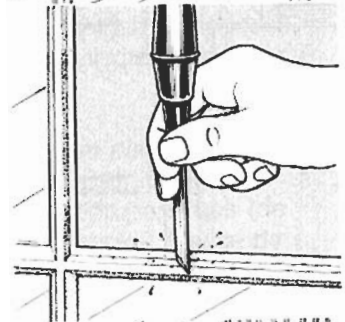
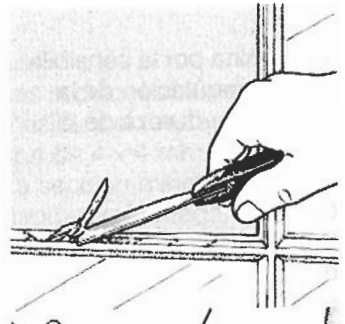
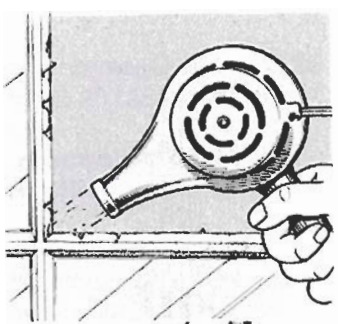
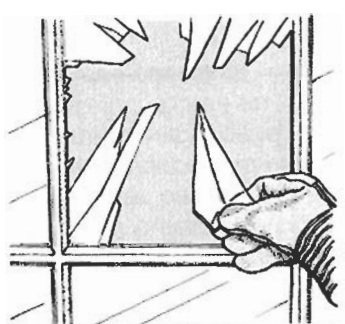
Calzos, fijaciones y sellantes de distinto tipo

del acristamiento. Suele apoyar en un galce especial sobre calzos de plástico a 1/4 del ancho desde cada esquina. Antes de aplicar la masilla el cristal debe mantenerse separado con piezas de plástico, opuestas a pares. Para asegurar la estanquidad de los vidrios dobles, debe usarse galce estanco o auto-drenante.

El galce estanco se realiza de dos formas:

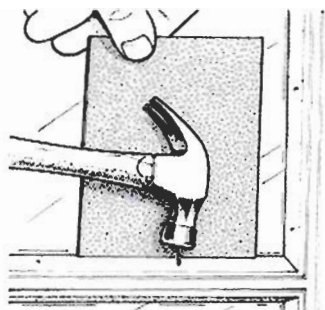
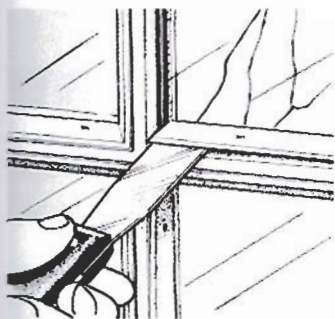
a) por enmasillado parcial y fondo de junta recubierta por un sellado. Los juegos laterales son parcialmente rellenos de un material celular, después tapado con un sellado elástico,

formando una barrera estanca entre el soporte y el vidrio. El juego lateral interior y el juego de fondo del galce se rellena con una masilla oleo-plástica que hace innecesario un galce auto-drenante. b) por banda auto-encolada en el exterior, enmasillado de fondo del galce y junta de compresión en el juego lateral interior. El juego lateral exterior se rellena con una banda preformada auto-encolada. Después el juego de fondo del galce se guarnece de masilla acrílica, y finalmente se coloca en el juego lateral interior una junta de acabado que comprime el



Sustitución dde cristales simples





### Sustitución de cristales dobles

vidrio sobre la banda auto-encolada.

El galce auto-drenante, si hay riesgo de penetración de agua en el galce, se coloca también de dos formas:

a) con fondo de junta y masilla o mástic. El fondo suele ser una banda de material celular (de células cerradas). El mástic puede ser de silicona o poliuretano.

b) con bandas preformadas autoadhesivas en toda la altura del galce. El conjunto debe estar comprimido por el junquillo (sin ejercer una presión lateral excesiva que rompería el vidrio). En ambos casos el fondo del galce permanece libre y debe drenarse. El drenaje puede consistir en orificios de  $7 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$  o entalles de  $20 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ . La separación máxima, de 500 mm.

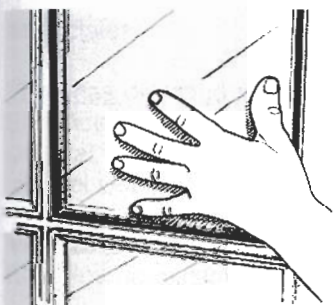
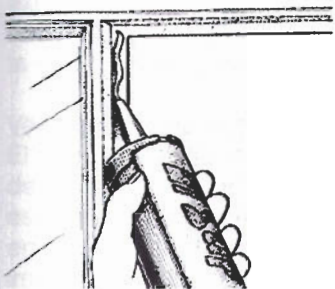
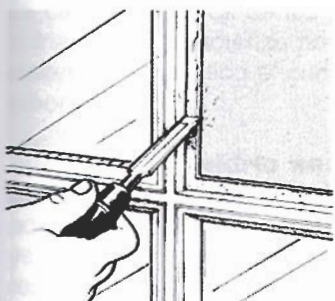
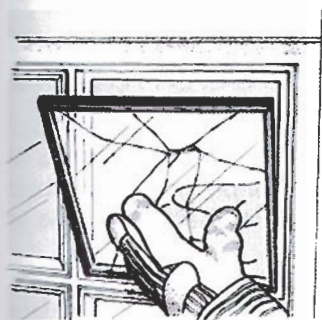
El ángulo mínimo del fondo del galce será de  $6^\circ$ .

### Sustitución de vidrios antiguos

Se trata de un trabajo que se realizaba por parte del

usuario en las viviendas tradicionales y que ahora sólo se realiza en rehabilitación. Consta de los siguientes pasos:

- eliminar los restos de cristales anteriores (si existen piezas adheridas se pueden quitar calentando la masilla)
  - eliminar, mediante raspado, los restos de masilla hasta obtener un galce escuadrado. Limpiarlo e imprimirlo con aceite
  - cortar la nueva pieza de cristal
  - colocar una subcapa de fijación
  - presentar el vidrio y sujetarlo con fijaciones o chavetas
  - colocar la masilla, biselarla o darle la forma externa y pintarla
- Los vidrios dobles tienen una sistemática de sustitución parecida.



# ventanas especiales

## Ventanas acústicas

Los factores que influyen en el aislamiento acústico de las ventanas son la capacidad aislante del vidrio y la permeabilidad al aire de los perfiles.

### Aislamiento acústico de los vidrios

La calidad acústica de los productos vidriados se caracteriza por su índice de aislamiento acústico el cual se mide en laboratorio.

### Ventanas de vidrio sencillo

Desde espesores de 8 ó 10 mm en adelante la progresión del índice disminuye sensiblemente. Por otro lado, espesores superiores de vidrio sólo se usan excepcionalmente. El índice de aislamiento acústico de los vidrios sencillos aumenta con la masa superficial.

### Ventanas de vidrio sencillo no estancas

El índice de estas ventanas está alrededor de 26-27 dB(A) por la falta de estanqueidad al aire sin que intervenga en ello la calidad del vidrio. Por ello si la impermeabilidad al aire no está solucionada es inútil equipar la ventana con vidrios especiales.

### Ventanas de vidrio sencillo estancas

El índice de la ventana depende, en general, directamente de la masa superficial del vidrio o del cristal.

### Ventana de vidrios dobles

El índice de aislamiento acústico de los



Doble ventana en arquitectura tradicional (Murguía, Alava)

vidrios dobles es sensiblemente superior al del vidrio simple pero la influencia de la densidad superficial es básica. Así, los índices obtenidos son próximos a 35 dB(A) ligeramente superiores a los obtenidos con vidrios simples por la masa más elevada de los vidrios dobles.

El doble acristalamiento requiere, para mejorar el aislamiento acústico, una separación de unos 25 mm.

Bajo el sonido incidente, el primer cristal tiende a actuar como un diafragma vibrante con una determinada resonancia o longitud de onda, mientras el segundo, si es de las mismas dimensiones, vibrará con la misma resonancia, por simpatía. El problema se soluciona variando los espesores o las dimensiones de los

cristales.

### Ventana de vidrio laminado

Los vidrios se unen mediante resinas monocomponentes que reticulan bajo la

luz ultravioleta, destinadas a mejorar el aislamiento acústico. Según sus fabricantes sus resultados acústicos son los siguientes:

Estructura	Espesor	Aislamiento acústico dB(A)
3/1/3	7	36
4/1/4	9	38
6/1, 5/6	13,5	40
4/1, 5/5- 10- 4/1, 5/6	32	43
4/1, 5/4- 12-6	27,5	43
4/1/4-16-6	31,5	44
4/1/4-16-6	31	45
5/1/5-24-4/1/4	44	53 <sup>1</sup>

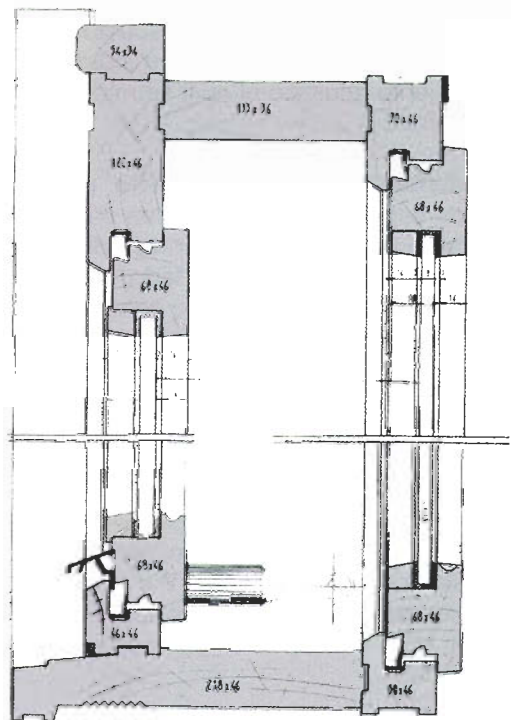
### Doble ventana

Si se han de separar mucho los cristales para obtener el efecto deseado, es mejor duplicar las ventanas; una que abra hacia fuera y otra hacia dentro, o bien instalar ventanas de corredera. Para maximizar la eficiencia, las ventanas deben aislarse una de otra y de la estructura interponiendo materiales flexibles y tableros aislantes.

El índice de aislamiento acústico puede llegar a 50 dB (A) para ruido de tráfico rodado. Este índice depende de la distancia comprendida entre los dos vidrios. El procedimiento de la doble ventana asegura una buena de-solidarización mecánica entre los dos vidrios. Además, la segunda ventana que cierra completamente el vano corrige posibles defectos de estanqueidad de la primera. El simple sobre-vidriado no presenta esta ventaja y es menos adecuado, a igualdad de dimensiones.

### Ventanas con sobre-vidriado

El sobre-vidriado se compone de un marco vidriado suplementario que se coloca sobre las hojas. Es un procedimiento que no admite sobrecargas importantes y no es recomendable sobre



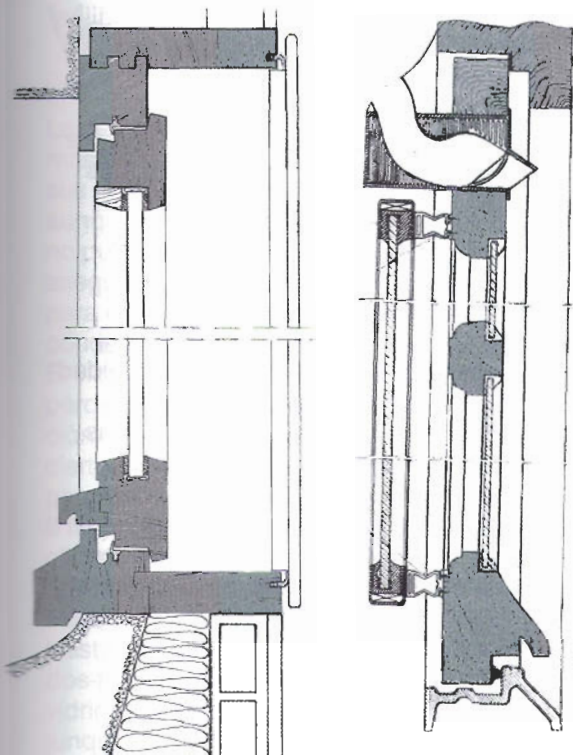
Doble ventana acústica

vidrios dobles.

Un sobre-vidriado por ejemplo de chasis de perfil de aluminio anodizado en forma de U y cristal de 8 a 12 mm con junta,

<sup>1</sup> Chemetall España. [www.chemetall.com](http://www.chemetall.com)



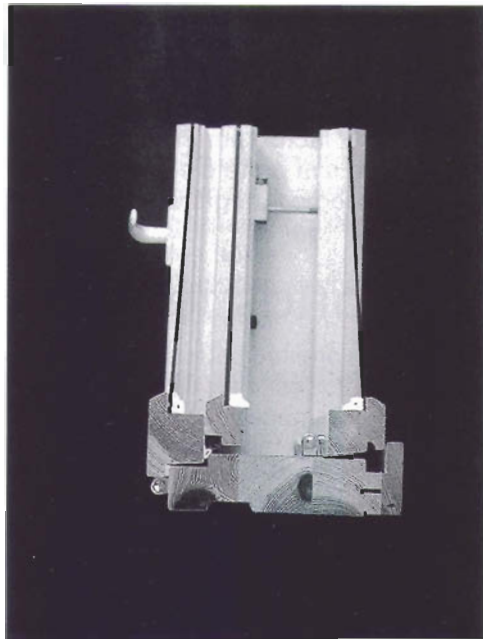


Dos ejemplos de sobrevidriado

combina el efecto colchón con el efecto masa y logra índices de aislamiento acústico entre 31 y 33 dB(A). Los fenómenos de resonancia se eliminan jugando con la diferencia de espesor de los dos cristalamientos.

### Ventanas de triple vidrio

Se han estudiado algunos prototipos con perfiles laminados de protección antiefracción (rotura incontrolada). La ventana presenta unas altas prestaciones en cuanto a aislamiento térmico y acústico y posibilidad de control de luz. Tiene dos batientes: uno interno que lleva doble acristalado con cámara de aire y otro externo. El perfil suele ser laminado. Estas ventanas presentan un aislamiento acústico en torno a 35 dB(A). Entre los dos batientes se puede colocar una persiana.



Ventana de triple vidriado

### Normativa

Las normas<sup>2</sup> determinan que en las fachadas, exista un aislamiento acústico global mínimo de 30 dBA al ruido aéreo lo que, considerando el aportado por las partes ciegas de las fachadas (45 dBA), las ventanas de madera, cumplen fácilmente, siempre que sean V-2<sup>3</sup> (2). También la Directiva Europea de Productos de la Construcción recoge como uno de sus seis requisitos esenciales el aislamiento acústico de los edificios. La ventana es el elemento determinante en cuanto al aislamiento acústico y fundamental para la definición del confort de la estancia.

<sup>2</sup> La Norma Básica de la Edificación española sobre las condiciones acústicas de los edificios (NBE CA-81) publicada el 7 de septiembre de 1981 en el BOE y actualizada en la NBE-CA-88 exige un aislamiento acústico global mínimo al ruido aéreo tiene que ser de 30 dBA a las fachadas.

<sup>3</sup> Por cumplir fácilmente las especificaciones de la norma de permeabilidad al aire, puede clasificarse como V-2, lo que significa que también la fachada en donde se sitúe cumplirá la Norma Básica sobre condiciones acústicas. Según esta norma las ventanas (simples, no dobles) se clasificaban como: - sin clasificar: permeabilidad superior a 50 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>

La normativa considera lógicamente la permeabilidad al aire y el acristalamiento como factores determinantes para conocer su aislamiento acústico<sup>4</sup>. Pero introduce el factor tamaño de la ventana en relación a la parte ciega, al que afecta por lógica, negativamente no sólo

acústica sino térmicamente. Las rendijas reducen el aislamiento acústico 5 dBA y sólo pueden solucionarse con juntas de estanqueidad y un diseño apropiado. Las rendijas dejan pasar más fácilmente las frecuencias altas, a las que es más sensible el oído humano.

## Ventanas térmicas

La atención prestada al aislamiento térmico de los edificios es relativamente reciente y se deriva de la necesidad de ahorro de energía y de una mayor apreciación del confort.

Como en las ventanas acústicas, el aislamiento térmico pretende limitar la entrada del aire (frío en invierno, cálido en verano) tanto por la perfilería como por el vidrio. La permeabilidad al aire se caracteriza por la capacidad de paso del aire, en función de la diferencia de presiones, entre el interior y el exterior.

El control de la permeabilidad al aire debe

hacerse sin detrimento de la estanqueidad al agua ni de la ventilación (la cual se controla con la renovación del aire y las pérdidas parásitas de los perfiles).

La mayoría de los problemas de estanqueidad de los perfiles derivan de la gran difusión de las ventanas de madera a la francesa (la más corriente). En el resto de ventanas, el problema es sencillo de solucionar con juntas elásticas como barrera sobre el solape de las hojas, sobre la hoja o sobre el cerco.

---

para una presión de 100 Pa. Tienen un aislamiento acústico máximo de 12 dB.

- **Clase A-1:** permeabilidad entre 20 y 50 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup> para una presión de 100 Pa. Tienen un aislamiento acústico máximo de 15 dB

- **Clase A-2:** permeabilidad entre 7 y 20 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup> para una presión de 100 Pa. El valor del aislamiento acústico se puede calcular teniendo en cuenta el valor del acristalamiento, su número de láminas y separación. El acristalamiento influye en el valor del aislamiento acústico

- **Clase A-3:** permeabilidad menor a 7 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup> para una presión de 100 Pa. El valor del aislamiento acústico se puede calcular teniendo en cuenta el valor del acristalamiento, su número de láminas y separación. El acristalamiento influye en el valor del aislamiento acústico.

El aislamiento acústico de ventanas dobles se determinará exclusivamente mediante ensayo en

laboratorio. Ver páginas 612-614

<sup>4</sup>Aunque los valores de aislamiento acústico proporcionados por las ventanas se deben determinar mediante ensayo, existen una serie de ecuaciones, desarrolladas empíricamente a partir de resultados reales, que permiten calcularlas. Por ejemplo, si la ventana resultó en este ensayo, fuera de clasificación, en ningún caso proporcionará un aislamiento acústico de más de 12 dBA, lo que hará casi imposible cumplir las exigencias de la NBE -CA-88. Si la clasificación es A1 el aislamiento acústico será siempre de 15 dBA como máximo, independientemente del tipo de acristalamiento y nos encontraremos en situación análoga respecto a las exigencias de la norma. Si la ventana es A2 dará un aislamiento mínimo de 22 dBA pudiéndose estimar el global en 32 dBA, es decir, dentro de norma. Si la clasificación es A3 dará un aislamiento mínimo de 27,5 dBA y global de 37 dBA.

# Ventanas antiguas mejoradas

La carpintería exterior es uno de los puntos más débiles de los edificios antiguos por sus pérdidas térmicas en vidrio y juntas, aunque la restauración de la estanqueidad no puede ser excesiva, ya que conviene asegurar un mínimo de renovación de aire para evitar la aparición de humedades de condensación.

El vidrio, aunque es una vía importante de pérdida de calor, también lo es de captación de radiación solar difusa durante cierto tiempo. Este calor representa un pequeño aporte en el balance energético final pero es apreciable y «gratuito» en climas muy fríos, siempre que se pueda aprovechar con un sistema de calefacción flexible.

Hasta el siglo XVIII, en que aumentan a dos-tres piezas por hoja, se empleaban vidrios de pequeña dimensión sujetos con junquillos. Las juntas se sellaban con masilla de aceite de lino sobre una base muy resistente de 4-5 mm. El aislamiento térmico y acústico de este tipo de ventanas era muy débil (en este último caso no superaba los 20 dB).

Fuera de los casos de ventanas con especial valor histórico, lo normal era encontrarse con ventanas simples, formadas con perfiles ensamblados a media madera y reforzados en la esquina con escuadras metálicas atornilladas. En la buena construcción se utilizaban maderas de calidad como el roble sin albura, castaño y coníferas (abeto o pino). Sus espesores eran menores que los actuales: 30-35 mm en las hojas y 50 mm en los cercos con apertura a la francesa. Contrariamente a la tendencia actual, la relación alto-ancho era elevada, superior a 1,5, debido a la mayor altura de techos. El cierre se resolvía con una cremona y dos cerraderos atornillados al cerco o encastrados en él (españoleta). También podían encontrarse herrajes más rústicos, como barras pivotantes a media altura que

enganchaban a cerraderos en forma de «L», bisagras múltiples (sistema muy antiguo que no permite el desmontaje de las hojas) o los goznes atornillados que sí permitían sacar las hojas. Los métodos de recuperación más habituales son los siguientes:

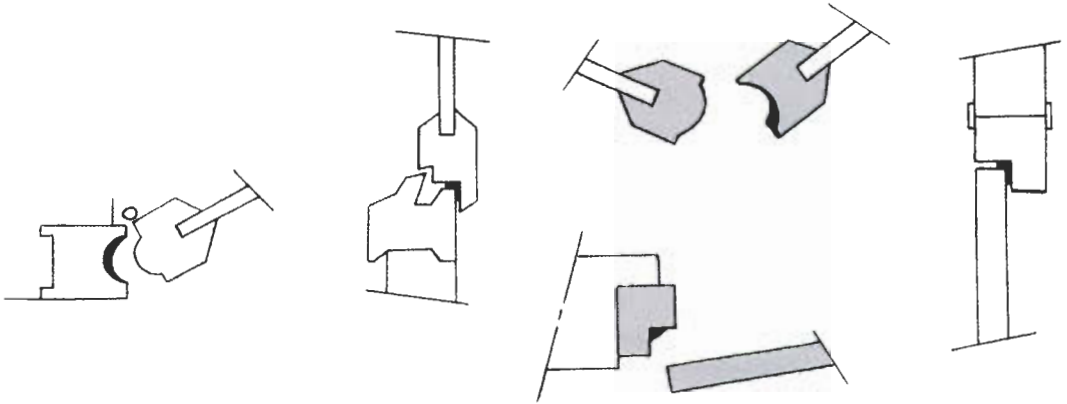
## **Sustitución por una unidad completa de hueco**

El sistema de unidad completa o 'bloque' está largamente extendido en muchos países y lo está siendo poco a poco en España. Es una solución interesante siempre que la armonización con el edificio antiguo se resuelva adecuadamente. Suele aprovecharse el cerco original como precerco para la nueva ventana. Por ello conviene calibrar adecuadamente las medidas entre ambos elementos.

## **Recuperación por restauración de la estanqueidad**

La falta de estanqueidad se manifiesta por la aparición de aureolas de humedad en el muro a la altura del antepecho cuando fallan los ensambles del cerco, y en las hojas por el descascarillamiento de la pintura, la pérdida de enrase con el cerco, especialmente en la peana, el abombamiento de la hoja que impide el cierre de la falleba o la oxidación de la escuadra de la esquina. Cuando la madera de la ventana está en perfecto estado de conservación o presenta un alto interés estético, si la operación es rentable, se intentarán recuperar sus prestaciones antes que reemplazar. Antiguamente las ventanas tenían una humedad alta, del 16-20%, por lo que, debido a la retracción, las juntas, en un principio de 2 mm, han pasado normalmente a 4-7 mm. Con la calefacción actual la pérdida de humedad aumentará todavía más y con ella la retracción de la





### Relleno de holguras en puntos críticos

madera<sup>5</sup>.

La pérdida de humedad de la madera puede también conducir a deformaciones de las hojas en su plano si los herrajes de cierre tienen una compensación insuficiente. Este juego de funcionamiento anormal compromete la permeabilidad al aire. En la mayoría de los casos el nivel medio de permeabilidad de las ventanas de estas casas se sitúa en torno a los 4 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> para una presión diferencial de 1 Pa (mientras que para una ventana A3 está en 0,3 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, diez veces mayor). La mejora de las prestaciones térmicas pasa necesariamente por la reducción de la permeabilidad al aire, la cual se consigue por dos medios:

### Relleno de las holguras

Este procedimiento, poco utilizado, consiste en cerrar las holguras por donde se producen las pérdidas térmicas. Se rellena completa y definitivamente el hueco entre hoja y cerco con una junta de caucho que encaja exactamente en las dimensiones de este hueco. También se puede usar una masilla especial que en el momento de su aplicación tiene una consistencia pastosa; rellena exactamente

el hueco y se polimeriza al cabo de unas 3 horas. La junta obtenida presenta una consistencia notable.

También se puede obtener el reajuste entre el cerco y hoja añadiendo calzos de compensación o burletes y complementando la estanqueidad con una junta de banda adhesiva a base de espuma impregnada.

La junta de estanqueidad en forma de banda adhesiva presenta diversos anchos y se coloca de canto al lado de los goznes o bisagras y sobre el galce en el lado de la hoja en ambos testeros.

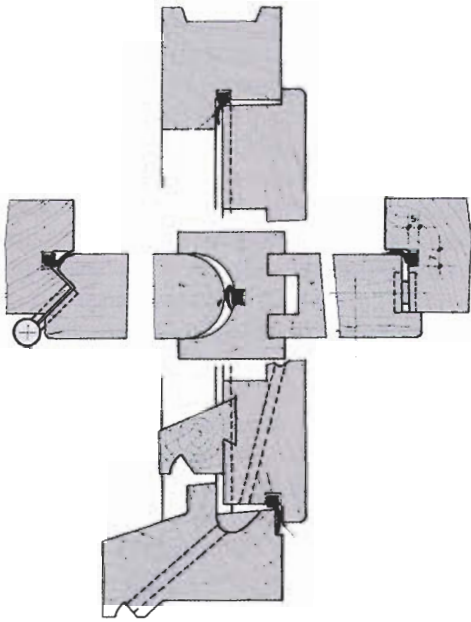
El ancho de la cinta es la del galce disminuido en 1 mm; el espesor es función del juego que queda después de cerrar, escogiéndose aproximadamente el doble para que al comprimirse se quede en la mitad.

### Sobreponer juntas en los perfiles

Las juntas de estanqueidad se colocan en los batientes y cerco además de otros lugares como:

- En la peana bajo el vierteaguas, en la zona de contacto entre la hoja y la parte trasera del cerco.
- En el travesaño (travesero alto) en el mismo lugar anterior pero fijado sobre la hoja. Esta posición en barrera exterior constituye un freno a la presión exterior

<sup>5</sup>Algunos cálculos efectuados en Francia evalúan esa pérdida, con vientos de 2 m/s, en 14 a 36 m<sup>3</sup>/h por metro lineal de batiente.



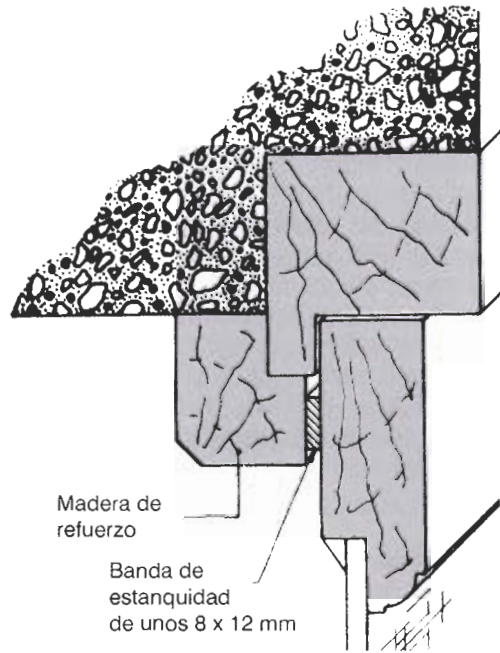
#### Juntas de estanqueidad en zonas críticas

por lo que se desaconseja en zonas de vientos fuertes.

- En los montantes, indiferentemente sobre las hojas o sobre el cerco
- En la junta batiente/cerco cuando el solape es en 'boca de lobo' se coloca en el tapajuntas que funciona por rozamiento.

#### Sellado de los vidrios

La causa principal de la rotura de la estanqueidad es el deficiente mantenimiento de los encuentros entre el vidrio y el bastidor. La falta de encaje del acristalado con la hoja, aumenta y disminuye con las estaciones climáticas. La pérdida de apoyo del cristal por las capas sucesivas de pintura se soluciona restaurando la geometría original del galce. Se elimina el relleno original, se limpia el fondo del galce, restaurándose el sellado con masilla de aceite de lino original o con productos más modernos como las masillas oleoplásticas o



#### Piezas de refuerzo para colocar burletes en junta de carpintería/obra

elastómeros. Esto conlleva añadir orificios de drenaje con un diámetro mínimo de 8 mm (se recomiendan dos orificios por hoja o tres por ventana completa) y cámaras de descompresión.

#### Sellado de juntas carpintería/obra

Por último se revisan las juntas entre la carpintería y la obra. Los rellenos deben tener un grueso y una profundidad mínimas de 5 mm: pueden ser de masilla elastomérica o plástica. Debe constituirse una barrera continua de estanqueidad al agua y al aire. La operación de control o de restauración de la estanqueidad debe realizarse antes de los acabados exteriores.

#### Restauración de la madera

La degradación de la madera por falta de mantenimiento o humidificación prolongada conduce a pudriciones sobre todo en maderas con albura. Se puede diagnosticar fácilmente haciendo catas con un

cuchillo fino o un formón.

Del grado y naturaleza del ataque dependen las soluciones a adoptar: desde la sustitución de toda la carpintería, caso de un ataque de gran extensión, hasta la sustitución de las piezas afectadas, poniendo especial cuidado en no dejar restos de madera atacada. Si la madera está tratada, habrá que reparar las zonas puestas al descubierto con los cortes de las zonas afectadas; si no lo está, sería muy interesante tratarla con algún protector, a ser posible en profundidad. Si la carpintería no puede moverse existen tratamientos por inyección que realizan la protección de las piezas in situ, pero quizá resulte más caro que la sustitución de las piezas por otras tratadas.

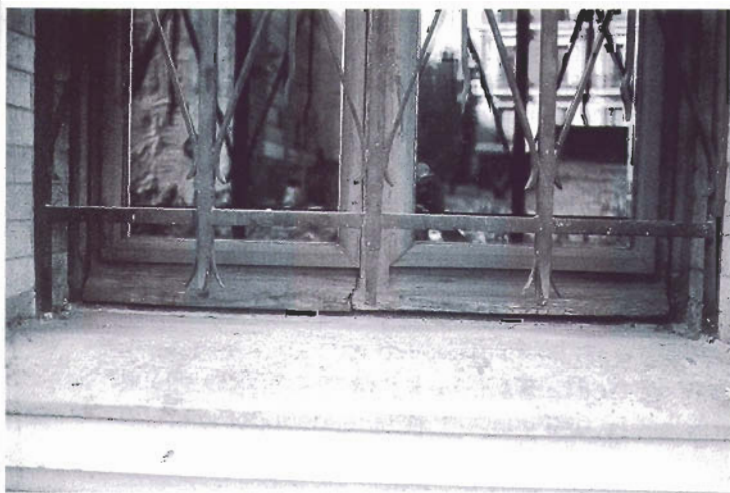
#### *Problemas de condensaciones en los vidrios*

Éstos se pueden deber a dos motivos:

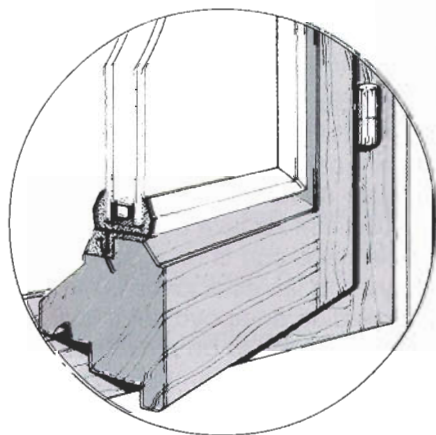
- Condensaciones en la cara interior del cristal. La condensación en la cara interna del vidrio depende de las temperaturas interior y exterior y de la humedad relativa dentro, así como del coeficiente de conductividad térmica del acristalamiento. La influencia del diferencial de temperaturas se ve incrementada cuando el vidrio

es de menor espesor. Por ejemplo la temperatura exterior necesaria para que en un local con 21°C y 60 % de HR se produzcan condensaciones, será de aproximadamente 10°C para un vidrio simple ( $K=5$ ) y de 0°C para uno doble ( $K=2,6$ ). En restauración se pondrá especial cuidado en la instalación, colocación de calzos, junquillos y selladores para facilitar la evacuación del agua y evitar su entrada a la cara interior.

- Condensaciones en la cámara de aire de un vidrio doble. Este caso produce un aumento del coeficiente de conductividad de los mismos, reduciendo así de manera notable sus prestaciones. La causa es la acumulación de agua en el galce por donde el vapor de agua accede al interior de la cámara, condensándose cuando la temperatura de la cara interior del vidrio baja hasta alcanzar el punto de rocío. Los mecanismos de entrada de agua son conocidos, pero aquí habría que añadir la posible ausencia del sellado con tamiz molecular deshidratante que deben llevar los vidrios dobles de calidad. Para solucionarlo se trata como antes de la elección de un vidrio de calidad y una correcta instalación del mismo.



Vidrio doble añadido en una ventana antigua. El junquillo sobresale especialmente. (Palacio de las Alhajas. Madrid)



Junta de reducción del sobrevidriado



### Soluciones de sobrevidriado

Cuando falta capacidad aislante en los cristales, caben tres soluciones: construir ventanas nuevas con galces amplios para colocar vidrios aislantes, colocar éstos con juntas de reducción o finalmente colocar un sobre-vidriado.

La elección de un buen vidrio es la mejor solución de todas las posibles. Si no es posible la colocación de uno doble por falta de espesor del galce, se elegirá el simple de mayor espesor.

#### *Sustituir el vidrio simple por uno doble*

En ventanas antiguas el galce existente suele ser escaso por lo que es necesario acudir a una junta de reducción que permita la adaptación del vidrio doble.

Si el galce de las hojas está en buen estado (sin roces ni mermas) y los herrajes son suficientemente resistentes (superan, como orientación, el ensayo de carga en el borde, de 50 kg) se puede colocar un cristal doble montado sobre un perfil especial. El asiento en el galce y el

sellado son los puntos críticos a cuidar. Las ganancias están entre 0,28 y 0,4  $m^2K/W$  desde 0,17 en origen, en casos normales. Este perfil reduce ligeramente la claridad interior (por la banda periférica de 20 mm) pero se adapta a cualquier grosor de vidrio aislante (hasta los que tienen cámara de 12 mm).

El problema es que no todas las ventanas pueden recibir la sobrecarga del vidrio doble (de 12 a 15  $kg/m^2$ ) en cuyo caso la resistencia térmica del vidrio simple (0,17  $m^2k/W$ ) puede doblarse prácticamente añadiendo un segundo cristal de 4 mm con una cámara de aire mayor de 17 mm (el vidrio aislante estándar 4/6/4 no aporta más que un suplemento de 0,11  $m^2k/W$ ).

#### *Añadir un vidrio doble*

El doble acristalamiento es útil cuando se requiere combatir la excesiva condensación, reducir las pérdidas de calor o cortar el ruido exterior.

Se puede realizar in-situ, mediante un nuevo galce o sobreponiendo un perfil a



Vidrio adosado con marco de caucho, aluminio o plástico

Vidrio sin marco sobre goznes

la hoja.

Con el doble cristal, el aire intermedio reduce su temperatura y elimina la condensación, pero como la madera es un material poroso debe formarse un canalón impermeable en el asiento del cristal. Como precaución el galce debe ser practicable para eliminar polvo, insectos, etc.

Normalmente el doble vidrio se coloca en el interior, aunque es más recomendable hacerlo al exterior, donde contribuye a la protección de la ventana original. Las prestaciones térmicas y acústicas permanecen inalteradas.

Evidentemente los materiales empleados deben ser resistentes al exterior (perfiles de aluminio anodizado, juntas de estanqueidad y accesorios de fijación) lo que puede afeer la fachada.

Los riesgos de condensación en el invierno son prácticamente inexistentes salvo que el vidrio se coloque al interior: en este caso se produce por defectos de contacto del sobre-vidriado con la hoja, favoreciendo la comunicación del aire de la estancia con el de la cámara creada. La solución es practicar orificios de comunicación con el aire exterior. Sin embargo esta solución podría volverse en contra durante la época estival, produciéndose condensación.

Los orificios de respiración perforan el testero inferior con un mínimo de 6 mm cada 0,5 m<sup>2</sup> de cristal.

#### *Adosar un vidrio con marco de caucho*

Se trata de doblar el cristal con un vidrio delgado de unos 4 mm, recercado con una junta de caucho u otro elastómero. Los labios flexibles de las juntas se adhieren a la carpintería asegurando una perfecta estanqueidad del colchón de aire creado. El sobre-vidriado se fija por medio de patas de aluminio atornilladas, siendo, por tanto, desmontables. La estructura, así añadida, es ligera y no modifica sensiblemente el aspecto de la ventana. Como el sobre-vidriado se fija sobre las hojas conviene, para mejorar el aislamien-

to, sellar la junta. El coeficiente de transmisión térmica es del orden de 3 W/m<sup>2</sup>°C, obteniéndose el mismo resultado que si se colocara un vidrio aislante.

#### *Adosar un vidrio con marco de aluminio*

Se trata de un vidrio delgado de unos 4 mm recercado por un marco de aluminio con junta de estanqueidad de caucho u otro elastómero, más piezas de rotación y bloqueo. Es un marco abatible. El sobre-vidriado se adhiere sobre la cara interior del batiente y mediante los labios flexibles de una junta se asegura la estanqueidad perfecta del colchón de aire. Se fija por piezas atornilladas tanto las de giro como las piezas de bloqueo.

En un lado, las piezas de rotación y en otra, las de bloqueo.

Otra solución adecuada consiste en un bastidor fijo con perfil de aluminio anodizado que enmarca un cristal de 8 a 12 mm, recibido con de una junta en forma de U. La estanqueidad sobre la ventana pre-existente se asegura mediante una junta de espuma de células cerradas. El ensamble de los elementos del perfil se hace mediante escuadras. La fijación de las bisagras se realiza sin taladros. El apriete con tornillos permite un ajuste progresivo y eficaz.

#### *Adosar un vidrio con marco de plástico*

Es una solución consistente en un bastidor móvil que se fija sobre las hojas pre-existentes o sobre el cerco. El bastidor es un marco robusto y rígido de PVC ensamblado en sus esquinas por escuadras interiores de aluminio. El vidrio, de 5 mm, se engasta en el perfil por medio de una junta flexible, que asegura la estanqueidad entre el bastidor y la hoja. Este bastidor puede recibir toda clase de vidrios. Éstos pueden limpiarse abriendo el bastidor.

#### *Añadir un vidrio sin marco sobre goznes*

Consiste en un cristal de 5 mm sin marco, montado sobre charnelas. Una junta flexible se abrocha a la ventana pre-

existente; cuando el sobre-vidriado se cierra se comprime la junta formando un volumen aislante que obtiene de 3,4 a 3 W/m<sup>2</sup>°C.

### Colocar una doble ventana

Con este sistema se conserva la ventana original y se añade una nueva siempre que el grueso del muro lo permite. A diferencia de las anteriores, mejora el rendimiento térmico, el acústico (unos 40 dB) y la permeabilidad al aire en una sola operación.

La colocación exterior es la más frecuente y la de mejor funcionamiento y el riesgo de condensaciones solucionable con orificios de comunicación de la cámara con el exterior. En su rendimiento térmico se acumulan las resistencias térmicas de

la cámara de aire (alrededor de 16 m<sup>2</sup>K/W), la de la ventana antigua (se prorratea en alguna tabla de las existentes) y la de la ventana nueva.

### Normativa

Las normas<sup>6</sup> establecen por un lado valores máximos para el coeficiente de transmisión térmica global del edificio ( $K_G$ )<sup>7</sup> y por otro limitan la permeabilidad al aire de los cerramientos, siendo la ventana el elemento crítico en esas pérdidas: por transmisión en cerco y batientes, a través de los cristales y por infiltraciones de aire. La madera, por su baja conductividad térmica es un material idóneo, permitiendo diseños sencillos que cumplen esta normativa.

<sup>6</sup>La Directiva de la Comunidad Económica Europea de Productos de la Construcción, recoge el aislamiento térmico como uno de los requisitos esenciales de las construcciones. El Real Decreto de

29 de Diciembre de 1992 que transpone

<sup>7</sup>El análisis del coeficiente G que representa las pérdidas térmicas por unidad de volumen de un local resalta la importancia de la ventana.



# Normalización y certificación de ventanas



## Propiedades básicas de cerramiento de las ventanas

El comportamiento de una ventana y su adecuación a la función que se le encomienda responde a su capacidad de resistencia a dos tipos de solicitaciones, las debidas al uso y las provocadas por los agentes exteriores. Las debidas al uso se traducen en una resistencia a las acciones mecánicas y las provocadas por los agentes exteriores condicionan los aislamientos térmico y acústico, una determinada respuesta a la acción producida por la lluvia y el aire, así como una respuesta del propio material según su durabilidad natural o inducida.

## Parámetros de la calidad del comportamiento de una ventana

Se define, entre otros, por los parámetros siguientes:

- Permeabilidad al aire.
- Estanqueidad al agua.
- Resistencia al viento.

La forma de comprobar sobre una ventana estas características está recogida en normas, y en ellas se definen tanto los métodos de ensayo en laboratorio, como las categorías en las que se clasifican las ventanas.

## Permeabilidad al aire. Normas UNE-EN 12207 (clasificación) y UNE EN 1027 (ensayo)

La permeabilidad al aire de una ventana es la propiedad de una ventana cerrada de dejar pasar el aire cuando se encuentra sometida a una presión diferencial. Actualmente la permeabilidad al aire se evalúa mediante dos parámetros: superficie total del elemento ensayado ( $m^3/h.m^2$ ) y metros lineales de juntas de apertura ( $m^3/h.m$ ).

La clasificación de las ventanas, en función de la permeabilidad al aire, se presenta en el anexo: "Relación de normas".

La permeabilidad al aire tiene una gran importancia porque de ella depende la

pérdida de calor de las habitaciones y por tanto el nivel de confort. Algo parecido ocurre con el aislamiento acústico. También es básica para satisfacer los requisitos exigidos en la LOE (Ley de Ordenación de la Edificación) aparecida en 2000.

### **Resistencia al viento. Normas UNE-EN 12210 (clasificación) y UNE EN 1221 (ensayo).**

La acción del viento sobre los edificios se transforma en esfuerzos de presión o depresión sobre la superficie acristalada, que se transmiten a la fachada a través de los perfiles de las hojas y los cercos de las ventanas (el dimensionado del cristal debe hacerse de acuerdo a los criterios de la norma UNE 85.220)

Estos perfiles deben soportar los esfuerzos transmitidos en las siguientes condiciones:

- deformación: El perfil más desfavorable de la ventana no experimenta deformaciones superiores a ciertos límites.
  - funcionamiento correcto tras ciclos repetidos de presión o presión/succión
  - seguridad frente a una presión máxima instantánea. (La muestra permanece cerrada y no se desprenden elementos).
- En el anexo "Relación de normas" se presenta la clasificación actual de las ventanas (UNE EN 12210), según su resistencia al viento.

El cumplimiento de esta cualidad en las ventanas de madera depende fundamentalmente de los siguientes factores:

- escuadrías de los perfiles.

---

<sup>1</sup>. La influencia de la localización se establece en la norma mediante un mapa de velocidades básicas del viento que divide España en seis zonas donde las velocidades medias determinadas cada 10 minutos a 10 metros de altura en terreno abierto y llano. Las presiones en Pascales consecuencia de estas velocidades van desde 296 (Pa) a 480 (Pa). El coeficiente de entorno y altura depende de la zona donde se ubica el edificio (distinguiéndose entre centro de grandes ciudades, zonas urbanas, zonas rurales y zonas abiertas), estando situada a 3, 5, 10, 20, 30 ó 50 metros. Este coeficiente varía entre 1'63 a 3'47.

- rigidez de los herrajes, principalmente de puntos de empotramiento de los herrajes de cierre (fallebas o españoletas).

- colocación adecuada de los herrajes de cueigue.

El comportamiento de la ventana frente a la acción del viento es fundamental para satisfacer el requisito básico de seguridad de la LOE relativo a la seguridad de utilización.

El viento ejerce una presión cuyo valor es proporcional al cuadrado de su velocidad. Esto trae consigo que la resistencia de una determinada ventana a la acción del viento dependa de su ubicación, es decir, de la localización geográfica, del entorno de la construcción, y de la altura del edificio a que se sitúe<sup>1</sup> y de la orientación.

### **Estanqueidad al agua. Norma UNE-EN 12208 (clasificación) y UNE EN 1027 (ensayo)**

La estanqueidad al agua de una ventana se define como la capacidad de una ventana cerrada de evitar filtraciones de agua, entendida ésta como la penetración continua e intermitente de agua en contacto con elementos de construcción no previstos para ser mojados. Esta definición permite la presencia de agua en los carriles inferiores de una ventana corredera siempre que el borboteo que se produce no salpique otros elementos interiores.

La estanqueidad al agua es fundamental para satisfacer el requisito básico de

Por último hay que definir otro coeficiente función de localización de la ventana en la fachada del edificio, si son ventanas en patios interiores, si las fachadas están protegidas etc. Este coeficiente varía de 0'3 a 1'3.

La resistencia al viento exige que el acristalamiento resista, lo que normalmente se cumple con vidrios de 4 a 6 mm, y que el perfil tenga un módulo de rigidez mínimo. En el caso de la madera se cumple sobradamente, no así en otros materiales para los que esta característica es limitativa y muy desfavorable.

habitabilidad de la LOE por seguridad, salud y medio ambiente.

En el anexo "Relación de normas" se presenta la clasificación actual de las ventanas (UNE EN 12208) según su estanqueidad al agua.

El grado de estanqueidad depende, entre otros, de los factores siguientes:

- posición de la junta de estanqueidad y estado de la misma
- cámaras de descompresión y canalización del agua. Número de orificios y forma
- vierteaguas y listones tapajuntas (junquillos)
- curvaturas de los perfiles

Las exigencias de estanqueidad al agua de las ventanas, es decir la no entrada de agua a partes de la obra no previstas, dependen de la zona geográfica, del

tamaño, del grado de exposición y de la presión del viento que actúa simultáneamente con la lluvia.

### **Tipo de ventana según las condiciones de exposición**

Las normas actuales señalan criterios de instalación de ventanas adaptadas a las condiciones de exposición zonificando, según las velocidades del viento y las precipitaciones, el entorno del edificio (centros de grandes ciudades, zonas urbanas, zonas rurales, terrenos abiertos y sin obstáculos) y su situación en patios, fachadas protegidas o fachadas expuestas.

Para cada parámetro de calificación de la ventana, se establece su clasificación en función de las condiciones de exposición.<sup>2</sup>

## Normas de aislamiento térmico

Según la NBE-CT-79 (Norma Básica de la Edificación de Condiciones Térmicas), las carpinterías en la edificación deben presentar un coeficiente de transmisión térmica que haga posible, junto con los correspondientes al resto de las superficies envolventes del edificio, mantener el valor del coeficiente de transmisión global del edificio,  $k_G$ , en un nivel razonablemente pequeño. Este valor depende de varios factores: zona climática, tipo de

edificio y forma y tipo de combustible. Los factores que más influencia tienen en el comportamiento térmico de la ventana son las filtraciones de aire y el acristalamiento. En la tabla siguiente se incluyen los coeficientes de transmisión térmica de las ventanas de madera y metálicas, incluidos en la Norma Básica. En realidad estos valores sólo son válidos en el caso de la existencia de juntas de estanqueidad adecuadas.

<sup>2</sup>. Por ejemplo las ventanas de un edificio de 5 plantas (altura total 20 m) con una fachada expuesta al norte, y situado en los extrarradios de Burgos capital.

<sup>1</sup>.- Burgos se encuentra en:

- Zona X del mapa 1
- Zona A del mapa 2
- Zona H del mapa 3
- Zona E del mapa 4

<sup>2</sup>.- Las ventanas más altas de la fachada expuesta son las de situación más desfavorable.

<sup>3</sup>.- Elección de la permeabilidad al aire. Según la tabla 11.6, para una fachada expuesta situada en la zona H del mapa 3, y correspondiente a una zona urbana que se encuentra en la zona E del mapa 4, las ventanas deberán ser al menos, de la clase A-2 por

su permeabilidad al aire.

4<sup>o</sup>.- Elección de la resistencia al viento. En la tabla 11.7 para una fachada expuesta, de una zona urbana de 20 m de altura y situada en la zona X del mapa 1, la ventana por su resistencia al viento, será al menos de la clase V-2.

5<sup>o</sup>.- Elección de la estanqueidad al agua. En la tabla 11.8 para una ventana situada en la zona A del mapa 2 y a la que corresponde una resistencia al viento de V-2, su estanqueidad al agua será como mínimo E-1. Por tanto, las calificaciones mínimas de la ventana del ejemplo serán:

- Permeabilidad al aire: A-2 Mejorada.
- Resistencia al viento: V-2 Mejorada.
- Estanqueidad al agua: E-1 Normal.

<sup>3</sup>Revista AITIM nº 101, jul-ago-sep 1980



Tipo de acristalamiento	Espesor nominal de la cámara de aire	Carpintería	
		Madera	Metálica
Sencillo		4,3	5
Doble	6	2,8	3,4
	9	2,7	3,4
	12	2,5	3,2
Doble ventana	30	2,2	2,6

Nota: Estos valores son válidos para huecos situados en planos con una inclinación respecto a la horizontal igual o superior a 60°. Además, están referidos a la superficie total del hueco y no sólo a la superficie del vidrio. Se ha estimado que ésta corresponde al 70% del hueco en la carpintería de madera y al 80% en carpintería metálica.



## Normas de aislamiento acústico

La norma NBE-CA-88 (Norma Básica de la Edificación de Condiciones Acústicas) exige a los elementos constructivos de fachadas un aislamiento acústico global a ruido aéreo en los locales de reposo de 30 dBA. En el resto de los locales, excluidos los de servicio como cocinas y baños, se considera suficiente el aislamiento acústico proporcionado por

ventanas con carpinterías de la Clase A-1 como mínimo, provistas de acristalamiento con espesor igual o superior a 5-6 mm.

En la tabla siguiente se recogen los valores de aislamiento acústico adecuados para cada situación.

Exigencias de control de ruido	Ambiente exterior: $L_{eq}$ dBA			
	Muy tranquilo	Zona urbana silenciosa	Urbana ruidosa	Urbana muy ruidosa
	50	60	70	85
Exigencias leves (viviendas)	-	-	A1 4 mm	A2 10 mm
Exigencias medias (hoteles, oficinas, escuelas)	-	A1 4 mm	A2 6 mm	A3 2x6 mm
Exigencias fuertes (clínicas, bibliotecas, salas de conferencias)	A1 4 mm	A2 6 mm	A3 10 mm	(*) 2x8 mm

Notas:

$L_{eq}$ : nivel sonoro continuo equivalente

1 El signo \* significa ventana especial más aislante que A3.

2 El signo - significa que la clase A y el espesor del vidrio deben decidirse por otros requisitos.

3 Las siglas son la clase de ventana en cuanto a permeabilidad al aire.

4 Los números indican los espesores de los acristalamientos aconsejables.

Los valores del aislamiento proporcionados por las ventanas se determinarán mediante ensayo. No obstante y en ausencia de ensayo, el aislamiento proporcionado por las ventanas se podrá determinar mediante las ecuaciones siguientes, (incluidas de la norma NBE-CA-88), en función del tipo de acristalamiento y de la clase de carpintería, según la clasificación que se establece en la NBE-CT, «Condiciones Térmicas de los Edificios».

## Valores de aislamiento

### a) Ventanas simples

• Ventanas de carpintería sin clasificar.

R 12 dBA.

• Ventanas de carpintería Clase A-2 y acristalamiento de una o dos hojas separadas por cámara de aire.

$R = 13,3 \log e + 14,5$ , en dBA.

donde:

e, es el espesor del acristalamiento si éste es de una sola hoja; la media de los espesores de las hojas, cuando sean dos y la cámara de aire interior sea igual o menor de 15 mm; la suma de los espesores de las hojas cuando sean dos y la

cámara de aire interior sea mayor de 15 mm.

• Ventanas de carpintería Clase A-2 y acristalamiento laminar constituido por hasta 4 láminas de vidrio, de espesor no superior a 8 mm cada una, unidas por capas adhesivas plásticas de espesor superior a 0,4 mm.

$R = 13,3 \log e + 17,5$ , en dBA.

donde:

e, es el espesor total del acristalamiento.

• Ventanas de carpintería Clase A-3 y acristalamiento de una o dos hojas separadas por cámara de aire.

$R = 13,3 \log e + 19,5$ , en dBA

donde:

e, es el espesor del acristalamiento si éste es de una sola hoja; la media de los espesores de las hojas, cuando sean dos y la cámara de aire interior sea igual o menor de 15 mm; la suma de los espesores de las hojas, cuando sean dos y la cámara de aire interior sea mayor de 15 mm.

- Ventanas de carpintería Clase A-3 y acristalamiento laminar constituido por hasta 4 láminas de vidrio, de espesor no superior a 8 mm cada una, unidas por capas adhesivas plásticas de espesor superior a 0,4 mm.

$R = 13,3 \log e + 22,5$ , en dBA.

donde:

e, es el espesor total del acristalamiento. En la Tabla siguiente se establecen, con carácter orientador, los valores del aislamiento proporcionados por algunas soluciones constructivas usuales empleadas en ventanas con distinto acristalamiento, determinados aplicando las ecuaciones anteriores, y los pesos específicos más usuales de estos materiales.

b) Ventanas dobles

Las ventanas dobles no responden a las condiciones reseñadas, por lo que su aislamiento se determinará exclusivamente mediante ensayo. No obstante es de señalar que en estas ventanas, y dependiendo de su diseño, pueden alcanzarse valores altos de aislamiento.

### Otras normas relevantes

UNE-EN ISO 140-3 (1995). Medición en laboratorio del aislamiento acústico a ruido aéreo de los elementos de construcción.

# Evolución de la normalización de ventanas

## NTE-FCM Fachadas. Carpintería de Madera

Publicada en la Orden del Ministerio de la Vivienda de 30/11/1974 trata sobre el cerramiento de huecos rectangulares de fachadas con ventanas y puertas balconeras, realizadas con carpintería de madera recibida a haces interiores del hueco y abriendo hacia el interior en edificios con un máximo de 20 plantas: no se trata de una normativa obligatoria, sino de una recomendación técnica.

## Primeros ensayos de ventanas de madera en el Instituto Eduardo Torroja

En 1979 la Asociación Nacional de Fabricantes de Carpintería Exterior (ASCIMA) encargó a AITIM el estudio del diseño de perfiles y materiales auxiliares estudiando perfiles que se importaban en aquellos momentos, con objeto de poder cumplir con las especificaciones de la norma española sobre permeabilidad al aire. Se diseñó un vierteaguas de aluminio y juntas de goma. Una vez construidos los prototipos se realizaron ensayos en el Instituto Eduardo Torroja con resultados correctos.

En 1980 Se independiza el Comité 85 del IRANOR. Este Comité pasa a dedicarse exclusivamente a normalizar ventanas de todo tipo de materiales.

## Normas de dimensiones

En España no existió nunca una normalización de las dimensiones de los huecos de ventanas, aunque sí se produjeron intentos para conseguir una modulación del producto.

Ya desde los años 70 desde la Europa comunitaria se proponía una normaliza-



## Valores orientativos del aislamiento acústico en soluciones constructivas habituales

Tipo de acristalamiento	Espesor (mm)	Masa unitaria (Kg/m <sup>2</sup> )	Clase de carpintería	Aislamiento acústico R dBA
Sencillo	4	10	A2	23
			A3	28
	5	13	A2	24
			A3	29
	6	15	A2	25
			A3	30
	8	20	A2	27
			A3	32
	10	25	A2	28
			A3	33
	15	37	A2	30
			A3	35
Doble (con cámara de espesor >15mm)	4+4	20	A2	27
			A3	32
	6+6	30	A2	29
			A3	34
	10+5	37	A2	30
			A3	35
Laminar (varias hojas adheridas)	3+3	15	A2	28
			A3	33
	5+4	22	A2	30
			A3	35
	6+4	25	A2	31
			A3	36
	3+6+3	30	A2	32
A3			37	
6+6+6	45	A2	34	
		A3	38	
6+6+6+6	60	A2	36	
		A3	41	

ción de medidas que se veía con buenos ojos en nuestro país. De hecho se logró en muchos países.

### **Consecuencias de la falta de normalización de medidas**

La falta de normalización de medidas, a diferencia de lo que ocurría con las puertas, propiciaba la libertad de los proyectistas pero obligaba a mantener una flexibilidad en las líneas de producción que dificultaba la formación de empresas de mayor tamaño. Esta circunstancia condicionó el mercado aunque el trato con los clientes y con los arquitectos, era más directo y el conocimiento que ellos tenían de la empresa, mejor.

En países de Centroeuropa como Francia y Alemania la estandarización permitió la creación de empresas importantes que operaban en diferentes regiones y distribuían a través de puntos de venta extendidos por todo el país, posibilitando incluso la exportación. En la mayoría de esos países la fabricación normalizada ha continuado con un número muy elevado de soluciones y dimensionados de hueco.

### **¿Porqué en nuestro país no se normalizó el hueco?**

Entre las razones que dificultaban esta normalización se pueden citar las tres siguientes:

La difícil coordinación dimensional del hueco con las diferentes modulaciones del aparejo del ladrillo y el bloque en las distintas regiones de nuestro país.

En el caso de ladrillo no visto -con recubrimientos continuos- el aparejo se adapta al tamaño del hueco pero con ladrillo 'cara vista' se debe replantear el hueco a partir del aparejo que se realiza en el proceso de levantamiento de la fachada.

Por otro lado el arquitecto ha contado desde siempre con la libertad de diseño del hueco como parte importante de la composición de la fachada, idea que se imbuye desde los primeros años de sus

estudios.

Finalmente, las dimensiones y proporciones del hueco están necesariamente relacionadas con el tamaño y forma del local al que sirven.

En resumen aparentemente el problema de la normalización era más complejo que en las puertas. En la práctica, sin embargo se llegaba a modulaciones fácilmente industrializables compatibles con la libertad de diseño (ver parágrafo 'una normalización de facto en España'). El propio Sello de calidad AITIM desde su creación intentó potenciar una serie de formatos que resultaban de combinar una serie de medidas:

- Anchura del hueco (cm): 60, 80, 90, 120, 150, 180 210

- Altura del hueco (cm): 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 y 210

haciendo constar el título "Formato UNE", sin embargo no tuvo resultados comerciales apreciables.

### **Vuelta a la libertad de medidas**

Aunque el fabricante español siempre deseó la normalización de dimensiones para poder trabajar a stock y por lo tanto programar series de gran número de elementos, con el tiempo las carpinterías a medida no representan ya ningún coste añadido gracias a las máquinas de control numérico que permiten el reposicionamiento de la maquinaria en cuestión de segundos. De esta forma incluso en los países que optaron por la estandarización se observa un retorno a las medidas libres.

El diseño de perfiles es, fundamentalmente, lo que diferencia a unos fabricantes de otros. Cada uno ha investigado, experimentado y finalmente escogido, de acuerdo con el fabricante de la maquinaria, el más apropiado a la calidad que estaba dispuesto a ofrecer.

La existencia de empresas dedicadas a fabricar herramientas específicas a los que se adapta toda la línea de fabricación de la fábrica hace que el fabricante deba cerciorarse de que el perfil diseñado da

resultados adecuados en los ensayos de laboratorio.

### Una normalización 'de facto' en España

Si desde el punto de vista de fabricación era interesante restringir el número de formatos a fabricar; desde el punto de vista del proyectista, lo óptimo era no tener limitación alguna y ajustar el hueco a la forma y medidas de las habitaciones. Sin embargo las limitaciones prácticas de la actividad constructiva estándar de viviendas por parte de las inmobiliarias y promotoras, imponían de hecho un formato en torno a 1,20 x 1,20 m. En efecto, con estas dimensiones quedan 0,95 m de antepecho y cota superior a 2,15 m, más o menos enrasado a la altura de las puertas, de 2,03 m. Si por necesidades de iluminación se requería más altura, se añadía una parte inferior fija de 40 cm que forma parte del antepecho lo que nos llevaría al formato de 1,60 m.

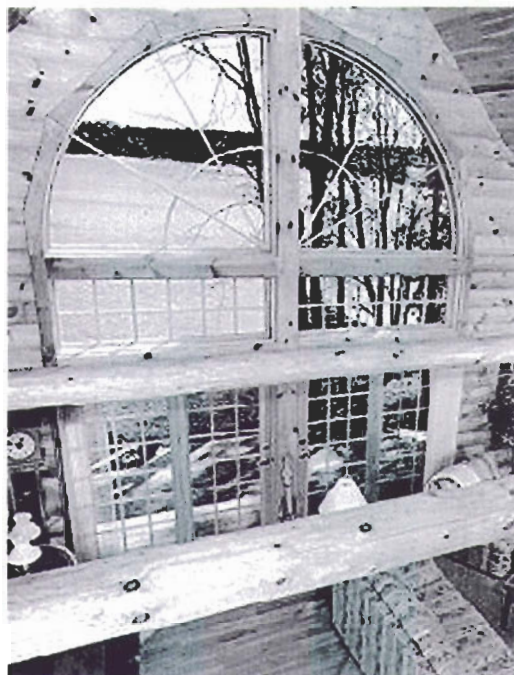
Los formatos de balconeras que tienen que enrasar puertas y ventanas acopladas en bandera, deben permitir una altura libre de paso de 2 m, escogiendo preferiblemente 2,10 m.

Finalmente, el formato de 0,80 m de altura está pensado para cocinas cuya altura de muebles normalizada es de 0,90 m.

Con esta gama de formatos se cubrían fácilmente los huecos de todas las viviendas.

En cuanto a las secciones, la industria española trabajaba con una sección normalizada en torno a 55 x 68 mm en cercos y 45 x 68 mm en batientes, lo que daba suficiente resistencia mecánica y permitía tanto el cristal sencillo como el doble, a la vez que presentaba suficiente superficie de madera vista. La sección de iluminación que se conseguía con el hueco de ventana de 1200 x 1200 mm era de 2 (0,483 x 1,039) m<sup>2</sup>.

Comparativamente, las secciones de los perfiles eran en Francia muy similares; entre 40-50 mm de grueso por 65-70 mm de ancho. El grueso de los perfiles dependía fundamentalmente del espesor del



vidrio y el montaje de los junquillos: 36 mm para carpinterías con vidrio simple y 48-50 para vidrios aislantes.

Sobre este perfil se añadían la ranura de goterón, los accesorios de estanqueidad y los herrajes. La tolerancia de fabricación respecto a este valor nominal era de 0,5 mm.

### Normas para Sellantes

Aunque desde 1987 existían las normas UNE 85.232 y 53.622, éstas nunca fueron muy usadas, por la falta de clasificación de los sellantes y por la inexistencia de método de determinación de su capacidad de movimiento.

En 1993 se editó la norma ISO 11600 que cambió radicalmente el panorama y funciona ya como norma de referencia en muchos países definiendo los siguientes aspectos: uso previsto, capacidad de movimiento, módulo de medidas y elasticidad.

La norma establece 11 clases de sellantes: cuatro de ellos se prescriben para el acristalamiento y siete para la edificación o fachada.



La capacidad de movimiento entre marco y obra en juntas de edificación debe calcularla el prescriptor tanto en compresión como en dilatación.

Para las juntas de acristalamiento el cálculo se realiza en función de las dimensiones y el material de la ventana. El módulo del sellante es la tensión necesaria para inducir una deformación

en el sellante y está relacionado con su dureza.

Los parámetros para la clasificación de sellantes son: la adhesión, el uso previsto, los sustratos, la resistencia a la luz, la recuperación elástica y la capacidad de movimiento.

Además existe ya marca N de AENOR para sellantes.

## Certificación de ventanas

### **Sello de Calidad AITIM para ventanas de madera**

Las primeras solicitudes del Sello de calidad de ventanas se presentan en 1980, pero hubo que esperar hasta 1982, año en que se instaló en la Cátedra de Tecnología de Maderas de la E.T.S.I.M. de Madrid una máquina de ensayos de ventanas y balconeras adaptada a la normativa española y europea. Los primeros ensayos se realizaron con perfiles de 57 x 55 y 58 x 68 mm correspondientes a fabricantes nacionales. Los resultados fueron claramente favorables al perfil mayor en permeabilidad al aire, resistencia al viento y estanqueidad al agua. Los productos ensayados presentaban la contradicción de ofrecer la posibilidad de colocar vidrio doble sin resolver antes la limitación de pérdidas por infiltraciones de aire mediante un correcto diseño.

Una vez solucionados estos problemas, en la reunión del Comité del Sello AITIM de 22 de marzo de 1983 se concedieron los siete primeros sellos a los siguientes fabricantes: I. M. Sabaté, Balsalobre, Rugasa, Jher, Guillén, Higuera y José Cedrés. En el año 2000 se habían concedido 55 sellos de calidad a otras tantas empresas.

### **Primeros sellos de ventana mixta**

El Comité del 7 de octubre de 1996 concedió el primer sello de ventana mixta

madera-aluminio a Taller de Carpintería Benito.

### **Mercado CE para ventanas que se comercialicen en la UE.**

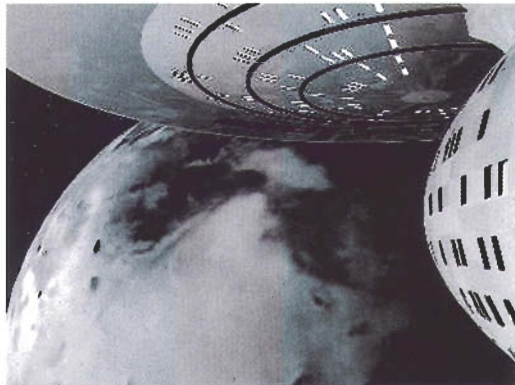
El diario oficial de la CCEE del 14.06.95 publicó una decisión de la Comisión (95/204/CE) por la que se establecía que, entre otros productos, las puertas, ventanas y persianas tuvieran que seguir alguno de los siguientes sistemas para certificarse.

1. Cuando el uso previsto es compartimentación contra incendio se exige certificación de conformidad realizada por un organismo autorizado sobre la base de:

control de producción en fábrica y ensayos complementarios de muestras tomadas en fábrica por parte del fabricante. Además, ensayo inicial del tipo, inspección inicial de la fábrica, y vigilancia, evaluación y autorización permanentes del control de la producción por parte de una entidad de control externa.

Todo esto se refiere a las siguientes características: resistencia al fuego (integridad y aislamiento), estanqueidad al paso del humo, cierre automático y aptitud para liberar (herrajes).

2. Cuando su uso es cualquier otro (es decir, el habitual de las puertas y ventanas) el sistema de certificación es la declaración de conformidad del fabricante sobre la base de un ensayo inicial de tipo



por laboratorio autorizado y un control de producción de la fábrica. Las características que deben exigirse en el ensayo inicial de tipo del producto son: estanqueidad al agua, resistencia al viento, aislamiento acústico (sólo cuando se requiera rendimiento acústico), tasa de emisión de sustancias peligrosas, resistencia térmica y permeabilidad al aire.

3) Que el fabricante ha implantado un Sistema de Aseguramiento de la Calidad que satisface parcialmente la norma UNE EN ISO 9002.

### **Marcas de calidad AENOR**

La Marca AENOR de productos para ventanas es una marca de conformidad a NORMAS que supone:

- 1) Que las ventanas, cualquiera se sea la materia prima de sus perfiles, son conformes con las normas UNE de aplicación.
- 2) Que la ventana ha sido perfectamente definida en todos sus aspectos y componentes mediante una ficha técnica.
- 3) Que el fabricante ha implantado un Sistema de Aseguramiento de la Calidad que satisface parcialmente la norma UNE EN ISO 9002.
- 4) Que el fabricante ha establecido un control interno relativo a las materias primas, proceso y producto acabado y, en particular, respecto a este último que se mantienen las prestaciones básicas de permeabilidad al aire, estanqueidad al agua y resistencia al viento.

5) Que las ventanas y balconeras objeto de certificación han sido ensayadas con resultados conformes a las clasificaciones solicitadas.

A finales de diciembre de 2000 existen 8 empresas con certificado AENOR para ventanas, de las cuales 2 son fabricantes de ventanas de madera, 5 de aluminio y 1 de PVC.

En conjunto hay 29 productos certificados, entre los cuales se encuentran ventanas y balconeras que abarcan una amplia gama de dimensiones, sistemas de cierre (1 y 2 hojas abatibles de eje horizontal y vertical correderas, proyectantes deslizantes, con cajón de persiana incluido, etc.

### **Estudio comparativo de las ventanas de madera en España (1988-1993)**

Ciñéndose únicamente a parámetros normalizados y determinables en laboratorio, ASCIMA (la asociación nacional de fabricantes) encargó a AITIM un estudio comparativo entre las ventanas de madera y otros materiales. Para ello se aprovecharon los ensayos del Sello de Calidad AITIM de los años 1988-1993 realizados en el Laboratorio de la Cátedra de Tecnología de Madera, de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. Los resultados obtenidos por los fabricantes de madera fueron los siguientes

Permeabilidad al aire	Estanqueidad al agua	Resistencia al viento
Reforzada: 73%	Excepcional: 27%	Excepcional: 73%
Mejorada: 21%	Reforzada: 13%	Reforzada: 16%
Normal: 5%	Mejorada: 30%	Mejorada: 9%
Fuera esp. 1%	Normal: 19%	Normal: 0%
	Fuera esp. 11%	Fuera esp. 2%



# Colocación en obra



La colocación de las ventanas en obra debe hacerse cuidando una serie de aspectos:

- Adecuada colocación de la pieza de apoyo o peana para garantizar una buena evacuación de las aguas
- Adecuado solape de los montantes en obra, por ejemplo con la solución tradicional de mocheta (una entalladura en ángulo interior del muro), que hace más laberíntica la junta ladrillo-madera y solapa unos centímetros sobre el cerco
- Acuñado y fijación dependen de las tolerancias de colocación
- Apoyos de los vanos de dos formas: en bruto para permitir el acuñado o terminados con superficies de acabado perfectamente planas
- Fijaciones que resistan las vibraciones y se opongan mecánicamente a los vientos y maniobras bruscas de los usuarios

## Fijaciones

Las fijaciones están concebidas para transmitir a la obra los esfuerzos aplicados a las ventanas. En caso de deformación del muro, la fijación debería impedir la puesta en carga de la ventana.

Las fijaciones deben colocarse sobre el muro principal no sobre el tabique de doblado interior. Los elementos de fijación inferior deben poder soportar una carga de 10 daN sin que se altere la ventana ni el tabique doblado.

En relación a la propia ventana deben colocarse separadas de las esquinas y lo más cerca posible de los ejes de rotación y de los herrajes de cierre. El espaciado entre dos fijaciones sucesivas sobre el perímetro del vano no debe exceder los 80 cm. Estos elementos de fijación deben ser de materiales durables.

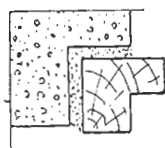
No deben traspasar los elementos de estanqueidad (sean cámaras, o juntas de estanqueidad) ni impedir su compresión.

Hay dos tipos principales de colocación: húmeda y en seco.

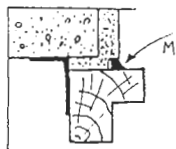
# Colocación húmeda

En la carpintería tradicional se utilizaba el sistema húmedo: se empotraban los cogotes superior e inferior del cerco y se rellenaba de mortero para dejarlos invisibles. El resto de la ventana apoyaba sobre la obra bruta, ajustada sobre la mocheta a haces interiores de los muros, dejando unos 10 mm para enrasar el revoco o el enlucido.

Actualmente se han sustituido los cogotes de madera por patillas metálicas. Por ese motivo el yeso está prohibido para rellenar a no ser que las patillas estén protegidas contra la corrosión.



Sellado húmedo



M mastic

Sellado húmedo reforzado



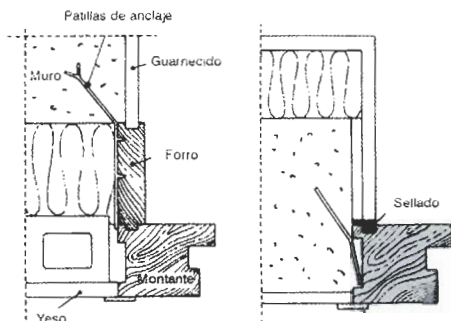
Sellado seco

CM Cordón de mástico

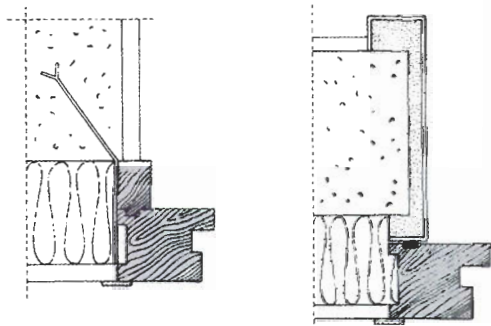
Junta húmeda (arriba), seca (en medio) y mixta (abajo)

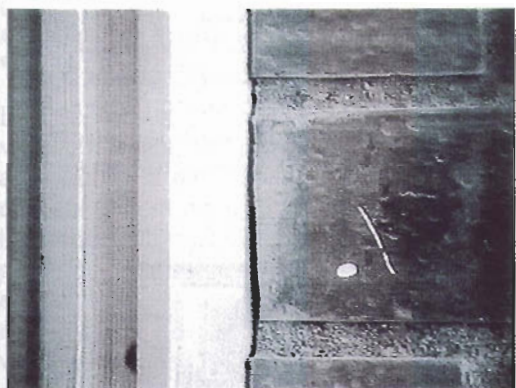
La colocación húmeda puede 'reforzarse' con un sistema en seco, añadiendo una masilla plástica o elástica.

El cerco directo se instala cuando se levanta el tabique y posteriormente se cuelgan las hojas. Los herrajes del cerco se pueden colocar en taller o en obra. Esta práctica que aún se sigue utilizando en ciertas zonas de España, no es recomendable, ya que los cercos así colocados pueden permanecer durante varios meses totalmente expuestos a la intemperie y a las agresiones propias de la construcción.

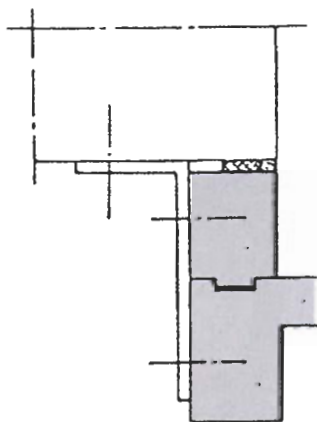


Colocación directa con patilla según la ubicación





Aspecto de la colocación tradicional húmeda con mocheta



Colocación con precerco

## Colocación en seco

Existen dos sistemas. Directo o a través de precerco.

### Fijación directa

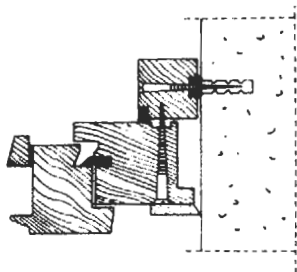
La fijación directa es admisible cuando el telar tiene un ancho suficiente y la perforación no comprometa la resistencia ni la estanqueidad de la obra.

Se utilizan clavijas duras, tacos autoroscados o grapas clavadas con pistola, debiendo profundizar en el muro como mínimo 2,5 cm.

El número mínimo de puntos de sujeción por cada perfil será de dos, no debiendo estar separados más de 50 cm de forma que se sitúe un punto de anclaje como máximo a 25 cm de cada esquina del cerco o precerco y como mínimo a 15 cm de la misma. Los taladros no deben realizarse a menos de 6 cm de las caras de la obra si se trata de hormigón u otro material macizo. Es aconsejable que los puntos donde se inserten los elementos de giro y cierre coincidan o estén cercanos a los puntos de anclaje al hueco.

La fijación por tacos roscados, gracias a la pistola eléctrica evita el pretaladrado del muro aunque si se realiza sobre un material macizo, como el hormigón, es mejor interponer elementos preincorporados o colocados en seco: tacos de madera o PVC de forma trapezoidal, raíles o tacos cilíndricos de acero o latón con anclaje, tubos roscados empotrados o raíles tubulares perforados. Otro sistema independiente o en combinación con los anteriores son las espumas de poliuretano adhesivas, que además de mejorar la unión mecánica, aseguran la estanqueidad, al formar una capa que rellena los huecos, siendo la célula de la espuma cerrada. En el mercado existen espumas de uno o dos componentes. En este último caso deben mezclarse en el momento de la

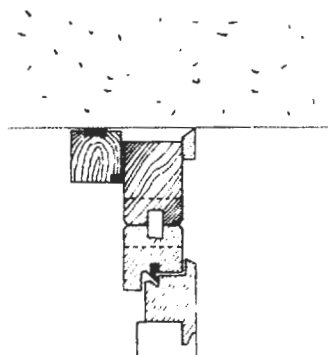




### Fijación en seco por tacos embutidos

espumación.

Para mejorar el aislamiento pueden interponerse mantas aislantes entre cerco y muro; antes de colocar el sellante.



### Fijación con precerco

La tendencia actual hacia la ventana prefabricada (acristalada y acabada o con un tratamiento superficial), no debe sufrir ninguna manipulación salvo la fijación definitiva en obra. Ello se logra con el precerco.



1 Insertar la ventana en el hueco acuñaando horizontalmente la peana al durmiente del hueco



2 Con una escuadra, escuadrar las jambas laterales ajustando las cuñas. Acuñaar el resto de la ventana



3 Abrir la hoja y poner el primer tirafondos a través de la jamba en el lado de las bisagras tan cercano a la esquina como sea posible. Asegurarse de atravesar las cuñas.



4 Apretar los tornillos cada 25 cm a lo largo de la cabeza y las jambas. No colocar tornillos a través del bastidor de la caja de tambor de la persiana.



**6** Asegurarse de que la ventana se acciona sin dificultad. Si es preciso, apretar los tornillos para alinear las hojas al cerco.

Después de instalar la ventana aplicar un aislamiento de fibra de vidrio o spray, el acabado exterior y el interior.

El precerco es un bastidor que forma un vano en el cual se fija en seco (clavado o atornillado) la carpintería. Esto permite colocar la ventana de una sola operación, llegando ésta a obra terminada (vidriada y pintada -o con imprimación- que permita el acabado una vez colocada). De esta manera además se puede reponer una ventana sin tocar el muro de obra. En este caso las tolerancias de la obra se aplican al precerco.

El precerco debe tener una sección de al menos 35 x 35 mm, formando un hueco algo superior a las dimensiones externas de la ventana. Suele fijarse a haces interiores, cuando se levanta el tabique interior, de tal forma que el hueco y por tanto sus dimensiones quedan replanteadas por el propio precerco.

La fijación sobre precerco se realiza con pernos, tirafondos o remaches. Si se clavan con pistola, el espesor mínimo de empotramiento deben ser 5 mm. El eje de perforación no debe ubicarse a menos de 15 mm de la arista del precerco. Lo más habitual es utilizar tornillos de expansión que, introducidos en taladros practicados previamente, traspasan el precerco y se anclan en la obra. El precerco no tiene la misión de soportar las fuerzas que actúan sobre la ventana, solamente sirve para replantear el hueco.

Las juntas entre cerco y precerco se

deben sellar para obtener una estanqueidad total al aire, empleándose normalmente espumas de poliuretano adhesivas o similares, que además mejoran la unión mecánica (la espuma es de célula cerrada). Las espumas son de uno o dos componentes. Por el exterior, la junta entre el cerco y la fábrica de ladrillo o jamba del hueco si la hubiere, debe también sellarse, en este caso con masilla, para evitar las filtraciones de agua/aire y adaptarse a los movimientos de la madera. El sellado se puede ocultar con molduras o tapajuntas.

La norma UNE 85.241 establece como dimensiones mínimas de los perfiles de los precercos, las recogidas en la tabla siguiente.

**Dimensiones mínimas en mm para precercos de carpintería exterior de madera**

Espesor E	B	A
40 a 60	40	30
60 a 100	60	30
100 a 140	80	30

A = Mínima dimensión del precerco en su canto lateral interior

B = Mínima dimensión del precerco en su cara

E = Espesor de la carpintería

La luz interior del precerco tendrá una tolerancia máxima de 10 mm en cada una



de sus dimensiones.

El cerco completo deberá solapar sobre el precerco al menos 10 mm.

### **Tolerancias de colocación**

Se debe verificar la verticalidad de los montantes que tendrán una tolerancia vertical de 2 mm/m. Respecto a la planeidad, la tolerancia de las hojas pueden presentar un saledizo no superior a 1 mm en relación al cerco.

Las dimensiones de los precercos o cercos serán tales que permitan su dilatación o contracción, teniendo en cuenta la capacidad de movimiento del sellador. A título informativo, las holguras totales recomendables serán las que figuran en la siguiente tabla:

Hasta 1,5 m 20 mm

Hasta 2,5 m 30 mm

Hasta 3,5 m 40 mm

Hasta 4,5 m 50 mm

### **Ubicación respecto al muro**

La situación del cerco con respecto al muro puede realizarse de tres maneras: enrasada con la cara exterior, en un espacio intermedio (con o sin mocheta) y enrasada en la cara interior. Éste último sistema es el más corriente debido al sistema de construcción española y a la modulación de los ladrillos (1/2 pie exterior + cámara de aire + tabiquillo interior) que es el que forma la mocheta. Esta disposición retranqueada permite una tolerancia mayor y una junta más eficaz. En climas muy húmedos (en España por ejemplo Galicia o Cantabria) es corriente colocar las ventanas a haces exteriores. Lo mismo el acristalado.

En cada caso la junta puede ser con o sin solape del cerramiento.

La ubicación intermedia puede ser aconsejable en edificios antiguos rehabilitados con muros de gran sección y sin doblado de tabiques. La junta se resuelve con un retacado de mortero. Como inconveniente cada ventana debe ajustarse a las dimensiones del hueco lo que dificulta la fabricación estandarizada. Por otro lado el

retacado de mortero se agrieta con el tiempo

### **Mediante adhesivos**

La unión entre el cerco o el precerco y la obra será continua en todo el perímetro del hueco, para conseguir una superficie de adherencia mayor y un sellado completo.

Hay que asegurar la compatibilidad química del material adhesivo con los materiales de la obra, de la carpintería y los selladores próximos a él. Asimismo hay que preservar y asegurar su posible envejecimiento y degradación por la luz y los agentes atmosféricos, procurando su protección donde fuera necesaria.

El adhesivo es el encargado de transmitir las tensiones que se produzcan en la ventana a la estructura del edificio, por lo que se deberá justificar que éste resiste las sollicitaciones descritas en el proyecto. Si por razones de seguridad se estima necesario, se deberán disponer anclajes mecánicos entre el cerco o el precerco y el hueco (por ejemplo, si se emplea espuma de poliuretano u otro adhesivo que no ofrezca resistencia al fuego en caso de incendio).

Los adhesivos más utilizados en el montaje de cercos o precercos a hueco de obra son las espumas de poliuretano de uno o dos componentes.

### **Planimetría del cerco o precerco**

- Para perfiles de más de 2 metros, la flecha será inferior o igual a 3 mm.
- Para perfiles de 2 metros o menores, la flecha será inferior o igual a 2 mm.
- Descuadre. La diferencia de longitud entre las dos diagonales no será mayor de:
  - 5 mm. para perfiles mayores de 2 metros
  - 3 mm. para perfiles de 2 metros o menores
- Distancia entre cerco y precerco. En cualquier punto del perímetro entre cerco y precerco la holgura será menor de 15 mm.



# Sellado de juntas en obra

La junta entre la ventana y la obra debe asegurar en todo su perímetro la estanqueidad al aire y al agua, teniendo en cuenta las condiciones de exposición y los movimientos diferenciales entre ambos materiales.

La unión entre el muro, de ladrillo normalmente, y la madera del cerco es problemática porque los movimientos higrotérmicos de ambos son muy diferentes. Por ello se dejan juntas, que deben sellarse para cumplir las condiciones de estanqueidad.

El sellado se resuelve con diferentes tipos de juntas húmedas, mixtas o secas.

A continuación se analizan los tipos de sellados y juntas.

## **Sellado húmedo: mortero**

El sellado húmedo es a base de relleno de mortero de cemento. Se realiza normalmente en la mocheta. El recorrido del agua (equivalente al perfil empotrado) debe ser al menos de 30 mm y el espesor del relleno de 10 mm.

## **Sellado mixto o reforzado**

Es similar al anterior, pero al no ir alojada la carpintería en una mocheta se necesita

reforzarlo con un cordón o perfil de estanqueidad preformado que puede ser elástico o plástico. El perfil de la ventana debe 'mojarse' al menos 30 mm con el sellado y tendrá un grosor mínimo de 10 mm.

El cordón puede requerir un fondo de junta -si ésta es muy profunda- para economizar material.

## **Sellado seco: masilla (máстик)**

Es un sellado que se asegura por:

- una masilla o máстик en cordón preformado o extruido cuya compresión sea al menos del 30% con un mínimo superior a 4 mm siendo el espesor mínimo, después de la compresión, de 5 mm<sup>1</sup>
- un producto celular impregnado (precomprimido o no) cuya compresión es suficiente para asegurar la estanqueidad al agua. Aportan rapidez de curado frente a las masillas tradicionales que tardan más en fraguar y hay que dejarlas unas 24 horas para que solidifiquen. Se presentan en formato de aerosol<sup>2</sup> y
- un cordón de máстик extruido in situ (masilla elástica). Deben realizarse necesariamente sobre fondo de junta. Son masillas selladoras con poco movimiento. Suelen ser acrílicas. Son monocomponentes, barnizables o pintables<sup>3</sup>

Si la junta es muy profunda se coloca un 'fondo de junta' que sirve como soporte de la masilla.

El perfil extruido, puede complementarse con una masilla plástica o elástica.

<sup>2</sup>Son espumas de poliuretano de expansión y sin expansión. Las primeras son espumas bicomponentes con curado rápido. Las hay resistentes al fuego (entre 2 y 4 horas)

Las segundas no presentan expansión después de curar y se acomodan a grandes movimientos. Se pueden cortar transcurrido un tiempo breve (unos 15 minutos) aunque curan definitivamente en 4 horas. Resisten al agua y a productos químicos.

<sup>3</sup>Productos celulares impregnados

Se aplican por cordones o por puntos, con pistola manual o pistola neumática. Los más aplicados son las siliconas y las masillas acrílicas.

<sup>1</sup>Perfiles preformados

Son de sección hueca en torno a 9,5 mm. Pueden ser de caucho-butilo, etc. y se adaptan fácilmente a cualquier forma. Resisten temperaturas extremas sin rigidizarse. También puede ser una masilla elástica a base de elastómeros de alta elasticidad o de poliuretanos monocomponentes de polimerización acelerada.

Los poliuretanos monocomponentes (listos para sus uso) tienen bajo módulo de elasticidad (es decir, gran deformabilidad) y permiten amplios movimientos sin tensiones elevadas) y son muy resistentes a la intemperie y a los rayos ultravioleta. Se colocan con el soporte o los labios de las juntas, secos, sanos y exentos de partículas no adherentes. Generalmente no es necesaria imprimación previa, salvo en soportes muy porosos, o cuando éstos son metálicos o vidrio, casos muy infrecuentes.

Existen ya productos de sellado certificados con Marca N de AENOR.

### **Masillas plastoelásticas**

Son compuestos a base de resinas acrílicas, monocomponentes (uso inmediato), a base de copolímeros acrílicos en dispersión acuosa, en juntas de poco o nulo movimiento.

Son resistentes a la intemperie.

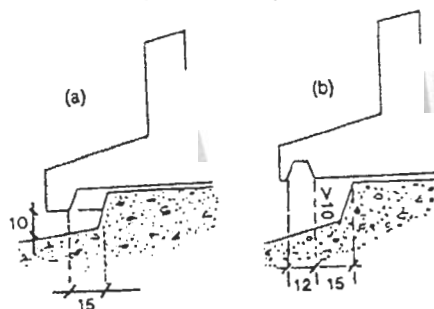
Los sellados húmedos y reforzados se deben realizar sobre los cuatro lados del vano después de la colocación de la carpintería, mientras el seco debe serlo antes. Reúnen en sí, propiedades de sellado, relleno, fijación y aislamiento.

## Sellado de la peana

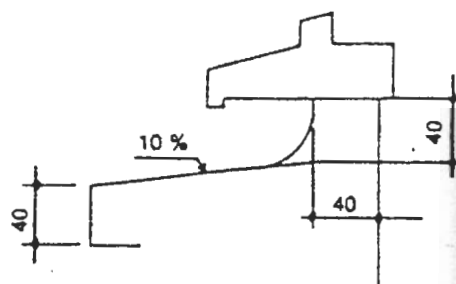
### **y piezas de apoyo**

En el caso de una peana directa, la arista del asiento de la obra y el goterón o, en su defecto, el perfil de la peana deben estar separados al menos 10 mm en vertical y 15 en horizontal.

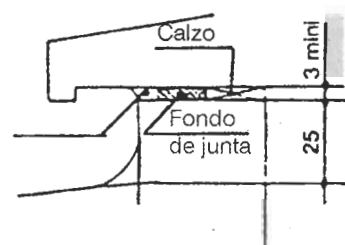
Con sellado húmedo se utiliza un durmiente intermedio, que debe dar un apoyo mínimo a la peana de 40 mm. Su perfil, de 40 mm de grueso tendrá una pendiente de 10% y estará separada de la



Junta peana/obra en seco



Junta húmeda peana/obra



Sellado de la peana

peana también 40 mm. Para una estanqueidad mayor se requiere colocar un cordón extruado o un mástic de 3 a 5 mm y eventualmente un fondo de junta, además de un calzo.

### **Problemas de la instalación en obra**

Uno de los principales problemas denunciados por los carpinteros es la mala expresión de su medición; en m<sup>2</sup> de ventanal colocado en vez de en unidades colocadas. Este sistema obliga a una fabricación artesanal con diversidad de medidas, de anchos de ladrillo, pérdidas de tiempo en mediciones y desaprovechamiento de la materia prima, encarecimiento de los materiales complementarios (herrajes, juntas, vidrio, etc.) en los que es difícil tener stock por la dispersión de medidas que pueden presentarse.

En otros países esto se soluciona con catálogos normalizados de medidas, herrajes y acabados. De esta manera la ventana se puede distribuir a través de almacenes, instaladores, etc.

Los actuales sistemas de venta no son convenientes ni para el fabricante ni para el usuario. En el 90% de los casos entre ambos se interpone la empresa constructora por lo que el propietario no conoce realmente lo que está comprando y no permite una calidad controlada del producto. Lo cual no es comprensible, teniendo en cuenta que la carpintería de taller tiene una repercusión en la vivienda importante (en torno al 10%).

### **Normas**

Para el sellado cerco-obra: se elegirán en función del movimiento previsto de la junta, pero siempre elásticos y de bajo módulo:

Movimiento previsto > 20%: clase F 25 LM

Movimiento previsto < 20%: clase F 20 LM o F 25 LM

Movimiento previsto < 12,5%: clase F 12,5 E o F 20 LM o F 25 LM

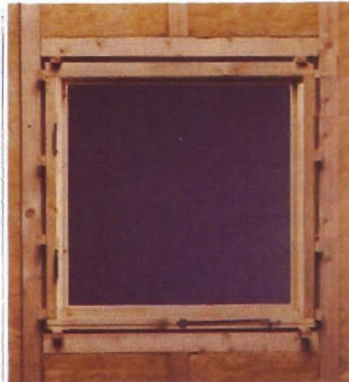
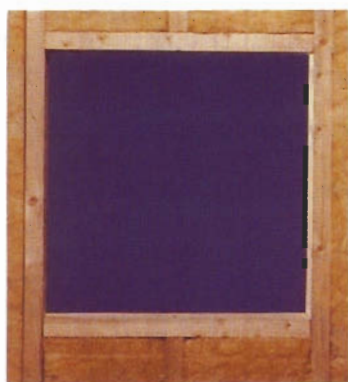
# Instalación de ventanas

## **en viviendas de estructura de madera**

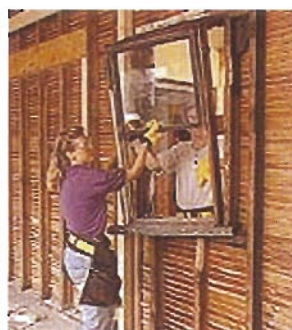
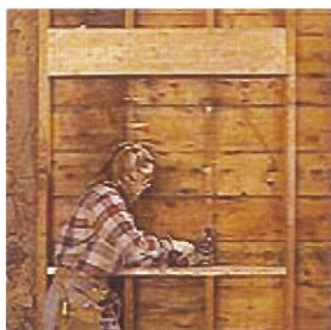
En un sistema modulado como es el de los entramados de madera es conveniente que todos los huecos se adapten a esa modulación. Dinteles y montantes actúan, por tanto, como precerco. Cuando esto no es posible se debe intercalar uno o dos montantes que se salgan de la modulación para poder rematar el hueco. En vanos superiores a los 800 mm los testeros deben reforzarse con un dintel debido a las cargas adicionales. En vanos pequeños, el dintel se forma con montantes colocados de canto y se afianza con clavos. En vanos mayores se forma una especie de viga a base de montantes. Lo mismo ocurre con el alfeizar.

Por otro lado la instalación es la convencional en seco: se presenta temporalmente, se acuña, se comprueba el aplomado y el descuadre. Se fija al entramado, se rellena la junta y se cortan las cuñas. Finalmente se reviste la fachada y se coloca un tapajuntas. Es importante es el doblado de la lámina para vapor, que debe solaparse adecuadamente en el cerco.





Fases de la instalación de  
ventanas en estructuras de  
entramado ligero de madera





# Persianas y postigos



## Elemento arquitectónico

La radiación solar puede producir, al atravesar el cristal y no poder rebotar, que la temperatura interior se eleve y sobrepase la temperatura exterior. Se trata del efecto invernadero, bien conocido y explotado en la agricultura.

La arquitectura popular anulaba este fenómeno interponiendo una pantalla entre el sol y el vidrio para interceptar todo o parte del flujo solar. Esta pantalla debe ser exterior ya que si fuera interior se comportaría como un radiador (en el caso de que fuese de un material buen conductor, caso de los postigos de madera). Para ser eficaz debía ser de color claro, opaco a los rayos solares y ventilado en su trasdós. Los estudios experimentales muestran que las contraventanas de madera a partir de unos 2 cm de espesor son las que mejor cum-

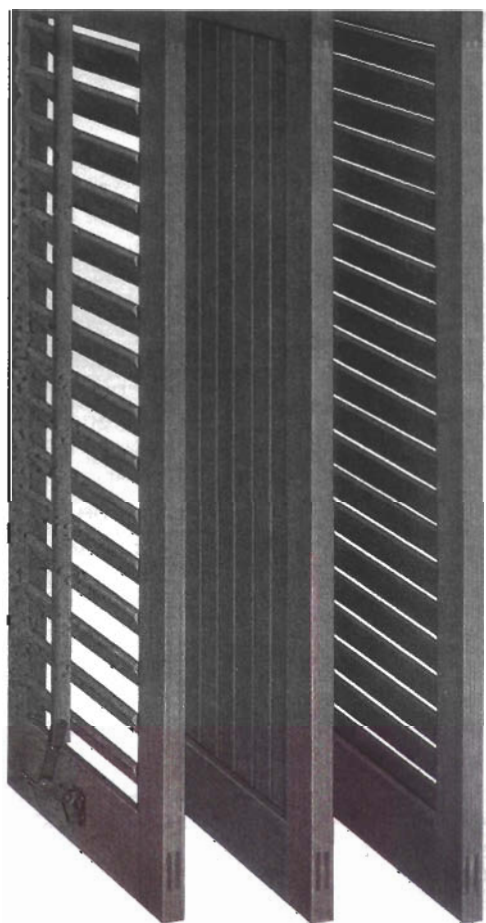
plen estos requisitos por lo que han sido ampliamente utilizadas.

Una variante de esta solución, interesante por su versatilidad, fueron las persianas de librillo, con un bastidor, que enmarca lamas orientables o fijas, plegable en la jamba o sobre la fachada; un diseño que permitía diversas disposiciones de sombra y vistas al exterior. La versión de lamas fijas se denomina 'a la mallorquina'.

La versión 'pobre' de este sistema ha sido la persiana enrollable de cuerda que sin ser propiamente carpintería ha sido muy aplicada en la arquitectura popular por su eficacia. Su comportamiento mejora sensiblemente cuando se coloca un poco inclinada hacia fuera para favorecer la convección del aire.

Por la parte de dentro de la ventana, el postigo ha sido un elemento fundamental





para mejorar la protección térmica, acústica y lumínica.

A otro nivel, las cortinas participan como complemento a la protección térmica. Por fin el visillo, reduce el deslumbramiento a la vez que difumina la luz.

Todos estos medios tradicionales han servido desde siempre para economizar calefacción y quitaban la sensación de frío delante de las ventanas mitigando de paso el riesgo de condensación.

Por otro lado preservaban indirectamente de la efracción con ciertas funciones de seguridad.

### **Cierta confusión terminológica**

El Diccionario de la RAE de la Lengua entiende por contraventanas tanto las persianas como los postigos, es decir, un elemento que se añade y “dobla” la ventana por dentro o por fuera. Otros dicen lo contrario. Siguiendo a estos últimos denominaremos contraventana o persiana, al elemento exterior (sea ésta enrollable o rígida) y al interior como frailer o postigo.

Otra disquisición interesante es si se fijan a la hoja o al muro. Desde luego el postigo o frailer tradicionalmente se fijaba a la hoja, mientras que la contraventana o persiana se fija al muro, pero en ambos casos se pueden fijar al cerco por dentro y por fuera, como ocurre con la balconeras de los siglos XVII y XVIII. El término persiana se acepta por tanto en su sentido amplio, aunque en el lenguaje corriente se aplique sólo a las enrollables o a las mallorquinas de cualquier tipo (abatibles, pivotantes o deslizantes).

## Postigos o fraileros

Actualmente los fraileros son infrecuentes en las viviendas de nueva construcción, aunque su eficacia como moderador térmico está ampliamente demostrada. Los postigos son un elemento arcaico que se empezó a utilizar en las ventanas fijas de la Edad Media para dejar pasar la luz o tamizarla. Cuando las hojas empezaron a poder maniobrase para ventilar continuó fijada a ella con las mismas funciones, pero al aumentar el tamaño de las hojas, su excesivo peso hizo que a veces se colgaran del cerco o del muro. Actualmente sólo se utilizan en ventanas de lujo y en el mercado de reposición o rústico para aportar un mayor aislamiento térmico con medios tradicionales.





# Persianas

Las persianas y demás protectores exteriores se caracterizan por su función de oscurecimiento y tamizado de la luz, y frente a las excesivas ganancias térmicas de insolación, valorándose en cualquier caso su papel de seguridad frente al intrusismo.

Pueden ser rígidas (abatibles, deslizantes o plegables) o enrollables.

Sus materiales y elementos deben ser lo suficientemente estables a las inclemencias atmosféricas y mecánicamente resistentes frente al viento y a los golpes sin caer en un peso elevado.

Su uso no debe entorpecer la apertura de la carpintería. Su alojamiento, en caso de ser enrollables será suficientemente estanco al aire y al agua de lluvia y nieve para evitar servir de puente térmico y acústico.

Su maniobrabilidad debe ser sencilla.

Algunas normas (como las Normas Técnicas de Calidad de la VPO de la Comunidad de Madrid) admiten un peso máximo de 15 kg con la posibilidad de posiciones de fijación intermedias. En plantas bajas deben permitir posiciones de bloqueo desde el interior como medidas de seguridad frente a la intrusión. Su mantenimiento debe estar asegurado.

Sus materiales componentes serán compatibles entre sí y con la fábrica.

## Persianas rígidas tradicionales

Se componen de una, dos o más hojas que se deslizan, plegan o giran sobre goznes, sean éstos rectos o en escuadra. Los goznes se empotran en la mampostería en la esquina del paño del vano. En posición abierta, las hojas se abaten contra el muro pudiendo fijarse en todas las posiciones intermedias (por medio de varillas con garfios o compases), hasta quedar cerrada.

Las hojas suelen presentar algunos orificios con figuras geométricas variadas, denominadas barbacanas, que dejan pasar un poco de luz y aire cuando



Barbacanas

quedan cerradas.

Entre las muchas clasificaciones posibles se pueden distinguir las siguientes:

## Persianas abatibles rústicas

Al principio, las contraventanas, como las puertas, se formaban con tablas verticales machihembradas o a media madera y reforzadas por detrás con tablas horizontales, diagonales o bandas metálicas.

Las contraventanas pueden ser plafonadas a partir de un bastidor en el cual se encajan tableros. Se fija sobre goznes o pernios. En el caso de dos hojas, el solape se efectúa en el centro, con galce y tapajuntas.

La arquitectura popular ha producido multitud de diseños y estilos, muchos de ellos plenamente vigentes.

Existen diversos sistemas de condena. Tanto las persianas preformadas como las tablas preformadas para armarlas se venden ya en forma de kit en grandes



superficies: lamas ya ranuradas y machihembradas en las especies más conocidas con largos de 90-105 mm y gruesos de 21-28 mm.

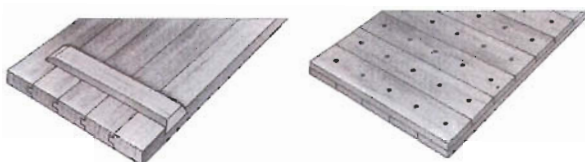
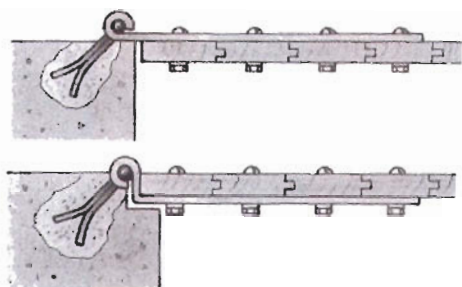
**Persianas entabladas**

Las tablas de aristas vivas o biseladas se ensamblan por machihembrado y se mantienen en posición gracias a dos o tres barras horizontales ligeramente acuñadas para que encajen a presión en un ranurado recto o en cola de milano. En vez de travesaños también pueden

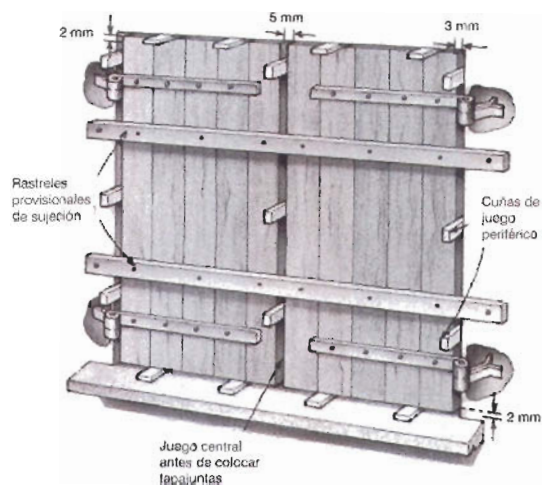
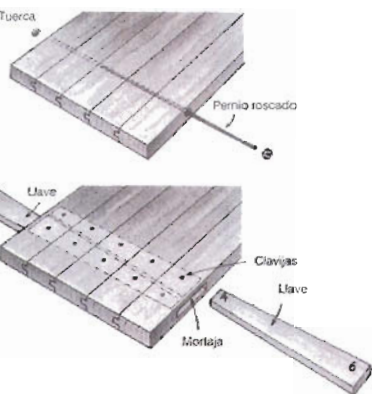
usarse llaves acuñadas: una serie de clavijas transversales. Estas llaves suelen ser de especies duras como el Roble o el Iroko. Son planchetas de unos 8 mm de espesor con 6 cm y 4 en cabeza y pie, en mortajas de 10 cm de ancho.

Otro sistema más oculto consiste en utilizar vástagos roscados con tuercas en los extremos.

Un último sistema consiste en colocar tablas a contracara. Es especialmente recomendado en zonas con grandes variaciones térmicas.



**Persianas rústicas, rigidizadas con lantanas metálicas**





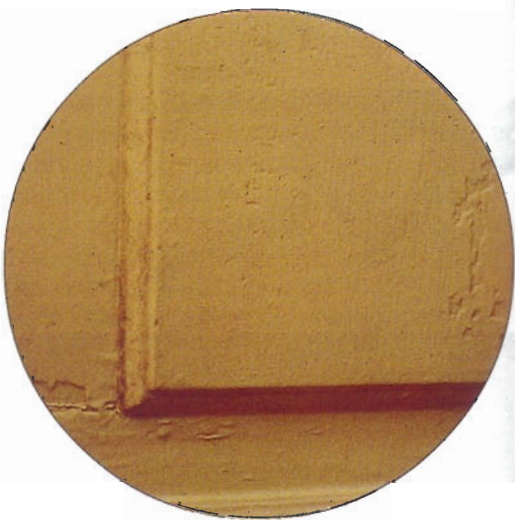
Persianas rústicas rigidizadas con tablas horizontales



### Persianas plafonadas

Tienen la misma constitución que los demás sistemas plafonados: Un bastidor y un plafón encajado en un ranurado del mismo. La necesaria ventilación se obtiene con figuras decorativas horadadas en su superficie. Es interesante el ensamble emboquillado, un sistema que evita la entrada de agua por la junta.

Persianas venecianas



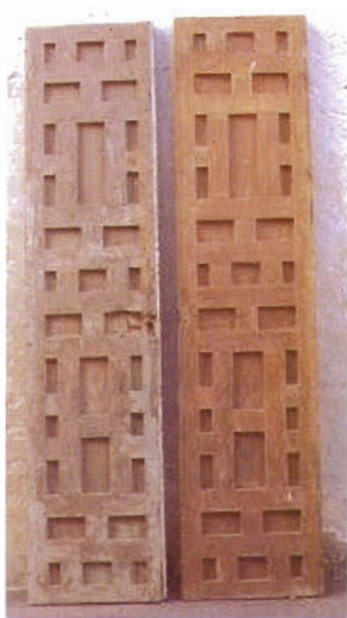
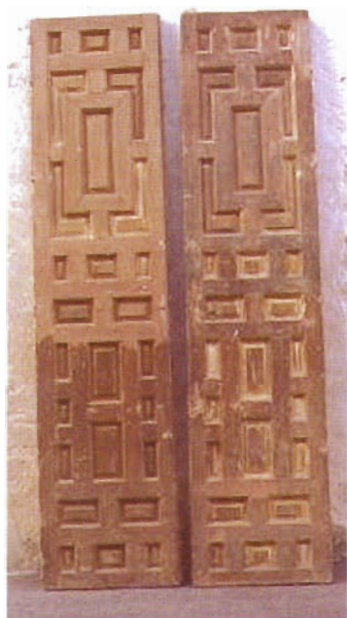
Contraventanas plafonadas

Plafón emboquillado que permite una gran estanquidad al exterior



## Contraventanas y postigos de cuarterones

Se construyen de la misma manera que las puertas: una serie de peinazos que encuadran cuarterones de distintos tamaños. Es una contraventana de lujo.



Postigos castellanos del siglo XVI



### Persianas abatibles de lamas fijas

Están constituidas por un bastidor y lamas fijas de madera colocadas horizontalmente pero con una cierta inclinación (normalmente 45°). El encaje se realiza en taladros o en ranurados sobre los montantes. La unión se encola y se remata con puntas. Si tienen carácter rústico el bastidor puede reforzarse con esquineras metálicas.

Se enrasan con el plano de la fachada o solapan sobre él, en cuyo caso se fijan a un cerco colocado a haces exteriores o



directamente en fachada mediante herrajes adecuados. El ángulo de abertura en el primer caso es de 90° y en el segundo de 180°.

Conviene prever un sistema de sujeción sobre la fachada para evitar el golpeteo del viento.



### Persianas plegables de lamas

Son una variante de las persianas abatibles. Una solución tradicional muy depurada en las balconeras urbanas de los siglos XVIII y XIX. Cada hoja está formada por varios bastidores que se pliegan unos sobre otros por medio de bisagras o pernios. Su superficie de barrido es menor y encaja en el telar. Para que puedan girar, las lamas se encajan en el bastidor con un tetón o clavija de madera accionándose con un tirador unido a por grupos mediante una pieza articulada. También pueden quedar fijas.

Se cuelgan de un cerco independiente a haces exteriores o intermedios, o bien se incorporan al propio cerco de la ventana que se alarga especialmente para permitir su colocación. Para evitar que disminuya mucho el aporte de luz, la anchura de cada bastidor suele coincidir con el ancho del telar y su canto con el grueso del cerco.



### Persianas correderas de lamas o persianas deslizantes

Son contraventanas que se desplazan por medio de carriles horizontales (colgadas del superior o deslizantes sobre el inferior), colocados en la fachada. Para facilitar el desplazamiento, los herrajes incorporan rodamientos. La longitud de los carriles o guías debe ser la del hueco para poder dejar el hueco totalmente diáfano. El carril inferior debe ir por debajo del vierteaguas.

Este tipo de protecciones exteriores no son muy habituales en España por su gran exposición solar, lo que obliga a un mantenimiento continuo y complicado. Han de poderse descolgar con facilidad pero sin riesgo de caída.

La madera ofrece una larga lista de especies para persianas. El roble es el más recomendado por ser muy resistente pero





**Persiana corredera de José Antonio Coderch.**  
Vivienda en Canet de Mar

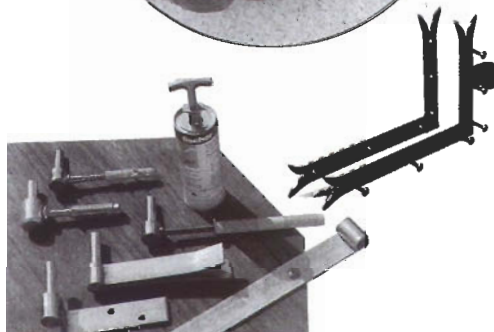
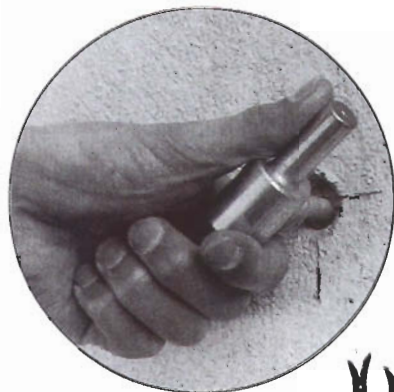
es bastante pesado y caro. Las maderas tropicales son menos caras pero igualmente pesadas. Por otro lado su pintado suele requerir una preparación del soporte.

Las coníferas (abeto, pino y píceas) son, por tanto, las más utilizadas. Son baratas y resisten relativamente bien a la intemperie, pero deben tener un mantenimiento adecuado.

El cedro Rojo del Pacífico es una madera ligera pero blanda aunque no es atacada porque es rica en taninos, sin embargo tiene el riesgo de manchar la mampostería y requiere herrajes de acero inoxidable.

### **Herrajes de las persianas**

Los accesorios más corrientes son de metal electrozincado. Si están pintados de blanco o negro significa que estará protegido por una pintura anticorrosiva. La más adecuada es una pintura epoxy, en



**Modernos pernios de cuelgue y herrajes de contraventanas rústicas**

cuyo caso no haría ni siquiera falta una protección suplementaria. Pero los accesorios son a menudo bicromatados. Se debe aplicar una sub-capa de minio antes de pintarlos. Es frecuente pintarlos del mismo color de las persianas.

El acero inoxidable es el más recomendado, especialmente en zonas costeras. Los goznes y su versión moderna, los pernios, se colocan de forma tradicional, empotrados, tanto embutidos como sobrepuestos. El diámetro del vástago debe ser al menos de 14 mm. Con alturas superiores a 1,80 m se requieren tres herrajes.

Las palas sobrepuestas de los goznes aseguran la fijación de las hojas. Están formados por una banda metálica, uno de cuyos extremos se enrosca para formar la hoja de la bisagra. Su longitud viene determinada por el ancho del batiente rebajado en unos 10 cm. Estas palas pueden ser rectas o en escuadra. Algunas tienen una charnela intermedia para hojas articuladas. Los goznes pueden



colocarse tanto en la cara exterior como en la interior.

Si en lugar de goznes se usan pernios, éstos suelen colocarse sobre tacos roscados, empotrados en el muro.

### Persianas enrollables (verticales y proyectables)

Son persianas formadas por lamas horizontales, molduradas en el canto y colgadas unas de otras mediante grapas o cadenas metálicas. Tienen una cierta holgura que les permite su desplazamiento en vertical y su giro. Las guías, colocadas normalmente en el cerco, pueden ser fijas, o de proyección, las cuales tienen unas articulaciones que permiten inclinar la guía para que la persiana se doble a modo de toldo.

La persiana se enrolla en un tambor situado en la parte superior cuyo movimiento de giro viene producido por una cinta enrollable en una guía en forma de



Persiana enrollable en cajón superior. Miguel Fisac (Colegio de la Asunción. Madrid)

disco. El diámetro de la persiana enrollada es función de la altura M hueco de la ventana H y del espesor de la tabla. En función de estos datos, el diámetro total D viene dado en la tabla siguiente para un espesor de 15 mm: Si el espesor e es mayor o menor, el diámetro D se obtendrá sumándole o restándole al valor tabulado igual número de centímetros que la diferencia en milímetros (15-e).

Diámetro de la persiana en función de la altura del hueco

Altura del hueco en cm	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27

Las dimensiones del cajón A y B serán:

$$A = D + 5 \text{ cm,}$$

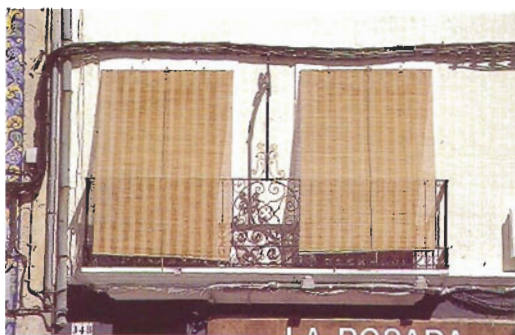
$$B = D + 10 \text{ cm,}$$

y la altura de la persiana será por lo menos 10 cm mayor que la altura del hueco.

Las tablillas son de perfiles muy variados, pero siempre con solape de la superior sobre la inferior, para impedir la entrada del agua de lluvia cuando están cerradas. Normalmente son de escuadrías en torno a 45 x 15 mm.

La incorporación de la persiana introduce una discontinuidad en el muro donde se aloja el conjunto del hueco de la ventana, con un adelgazamiento que afecta directa-





**Persiana enrollable de cuerda tradicional**

mente a la permeabilidad al aire y por consiguiente al aislamiento térmico del conjunto.

El aire puede penetrar al interior a través de las juntas que existen en la tapa de registro de la caja de la persiana.

La tapa del registro en la mayoría de los casos está formada por un tablero aglomerado o similar de unos 10 mm.

Cuando la anchura de la persiana es grande, la tapa puede deformarse dejando una serie de juntas por las cuales pasa el aire con relativa facilidad. Para evitarlo es recomendable aumentar las fijaciones perimetrales de la tapa, con separaciones no superiores a 20 cm. En estos casos las tapas deben subir algo de grosor, a 16 mm o más. Es recomendable introducir un recercado a base de listones para formar un tope, incluso con una junta de estanqueidad y así reducir al máximo las filtraciones de aire. En la cara interior de la tapa se puede proyectar una capa de espuma aislante o una espuma rígida que disminuya las pérdidas térmicas.

Algunos fabricantes han desarrollado un sistema de cajón de persiana incorporado al precerco, y protegido por la parte exterior. Este sistema aporta un excelente aislamiento térmico, pero tiene el problema que al ir incorporado al precerco de la ventana, no se puede alargar el capialzado, por el interior, lo cual se realiza en algunas ocasiones por razones estéticas.

## **Vidriopantallas**

Las vidriopantallas consisten en introducir una persiana veneciana en un doble acristalamiento tradicional. Dos vidrios separados por un perfil distanciador lleno de tamiz molecular y sellado (una primera barrera de butilo y una segunda de polisulfuro).

El accionamiento de la persiana ha de realizarse de modo que no se rompa el hermetismo de la cámara lo cual se consigue mediante un sistema de imanes que mueven la persiana desde el exterior. La incorporación de la persiana aporta el control de la luz y ausencia de mantenimiento.



# La evolución de la tecnología en la carpintería



## La madera, recurso estratégico

Según Lucrecio las herramientas hicieron posible la industria forestal y la carpintería al permitir talar árboles, cortar la madera, desbastarla e incluso labrarla con el taladro, el formón y la gubia.

Sin embargo esta relación, como se ha puesto de relieve recientemente no ha sido casi nunca sostenible porque provocaba un círculo vicioso de consumo y destrucción. En efecto, para obtener metales se utilizó hasta el siglo XVII la leña y el carbón vegetal, lo cual arrasaba bosques enteros. La propia minería consumía grandes cantidades de madera. La existencia de herramientas metálicas favorecía las otras dos grandes aplicaciones de la madera, la industria naval y la construcción civil (ladrillos cocidos y vigas de madera), por lo que se hacían necesarias nuevas y abundantes talas. Las talas indiscriminadas y abusivas tuvieron en la antigüedad importantes repercusiones ecológicas y cambiaron la superficie de la tierra, los ríos y las ciudades.

Mientras fue el materia prima básica, la madera fue un recurso estratégico que aseguraba el predominio político y militar por lo que todas las grandes civilizaciones e imperios debieron asegurarse primero su suministro.

La civilización mesopotámica, la primera que conocemos como tal (unos 6000 años a de C) carecía de los elementos de riqueza en lo material: la piedra, la madera y los metales. Por eso buscaban con ansia los bosques de Cedros y las montañas de plata en los territorios del Este. La civilización egipcia (unos 3000 años a de C) no podía disponer de grandes escuadrías por lo que se veían obligados a importarla de Fenicia (hoy el Líbano) con destino a construcción e industria naval. Mesopotamia según relata el Poema de Gilgamés (2700 años a de C) arrasó sus bosques y se vio obligada a traer madera de Lagash (la Turquía actual).

Desde la civilización de Knosos (2000 a de C) el carbón vegetal ha sido el combus-





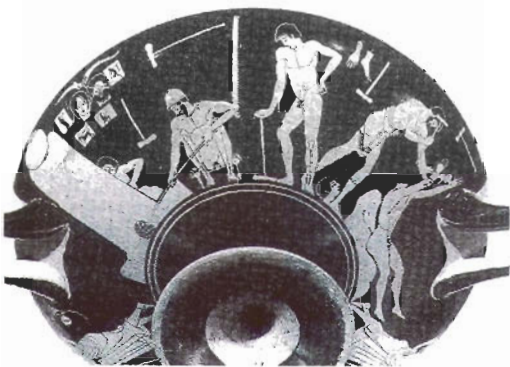
Herramientas y carpintería egipcias

tible ideal para obtener metales (según relata Plinio en su Historia Natural).

La civilización micénica (1200 a de C) producía cobre para la fabricación de hachas, azuelas y sierras en tales cantidades que consumieron todo el combustible vegetal y hubieron de cesar en 1050 a de C, con el consiguiente declive de su población y su cultura material.

La civilización griega (desde el año 700 a de C) empleaba también hornos de carbón vegetal para fundir sus herramientas. Los romanos expoliaron los bosques de Chipre para relanzar la minería y la fundición de cobre así como el cocido del ladrillo (unos 500 millones de pinos). Las autoridades se vieron obligadas a limitar la tala indiscriminada para asegurar su propia subsistencia.

**Cerámica griega representando los oficios de carpintería**



Banco de carpintero romano

### **Organización gremial**

Ya los romanos se organizaban en sociedades obreras, que funcionaban no tanto como sindicatos sino como clubs sociales: organizaban sus fiestas e intercambiaban experiencias. Cada nuevo miembro, en este caso cada nuevo carpintero, pagaba una cuota de entrada; junto con los recursos de mecenazgo, estas rentas de cofradía permitían a sus miembros darse alegres banquetes y asegurarse unos funerales decentes, a los que seguía también un banquete. Los gremios de la Edad Media nacen en cambio como consecuencia del estado social de la época. Se trata de hermandades o cofradías con finalidades cooperativas, de defensa propia y con carácter religioso. Sus miembros están jerarquizados y existe una rudimentaria formación reglada con aprendizaje y exámenes. Entre ellos se establecen reglas laborales próximas a nuestros actuales 'convenios colectivos'. Los salarios solían estar fijados y eran revisados por el gobierno. De todas formas se parecían a los romanos en su gusto por los banquetes y funerales.

Eran herméticos y en el fondo constituían monopolios exclusivistas y proteccionistas.

El gremio de carpinteros tenía en algunas ciudades la obligación de apagar los



### Aserrado de troncos en la Edad Media

incendios seguramente por aquello de que 'el que la hace la paga'.

La jerarquía de mayor a menor era: alcalde, veedor, inspector y examinador. El último eslabón era el aprendiz, mozo de oficio o peón.

Desde los árabes se mantiene la distinción entre alarifes o constructores (más parecidos a los arquitectos o aparejadores de ahora) y artesanos, herreros, tejeros, albañiles, canteros, y carpinteros, aunque estos dos últimos oficios podían llegar a aunificarse. Los grupos más importantes eran los carpinteros de lo prieto (los que hacían ruedas y carros) y los carpinteros de ribera (que fabricaban barcos).

Los carpinteros eran un grupo creativo y especializado. Los había torneros, carreteros, de lo blanco, de ribera o carpinteros a secas. Los carpinteros se diferenciaban de los aserraderos o fragueros y formaban parte de lo que hoy denominamos Segunda transformación o elaboración de la madera.

Los primeros estatutos que conocemos son los franceses de finales del siglo XIV y distinguían entre mueblistas o ebanistas (menuisiers) y carpinteros de armar (charpentiers). Sus estatutos estuvieron vigentes hasta 1645 momento en que se reformaron hasta su eliminación, los gremios. En ellos se establecía que un maestro no podía tener más que un aprendi-



Banco de carpintero medieval representado en una "misericordia" de un coro

diz. El aprendizaje duraba 6 años y se terminaba con una especie de trabajo fin de carrera que examinaba un jurado. El jurado estaba compuesto por 6 miembros y un síndico elegido democráticamente. Cada maestro recibía 4 veces al año visitas del jurado que se aseguraban así del aprovechamiento del aprendiz y las condiciones de trabajo. Si el jurado no estaba conforme con algo se podía retirar la licencia al artesano. Se revisaba la marca con que se 'firmaban' las obras porque cada uno tenía la suya.

El carpintero debía poseer ciertas nociones de aritmética y de geometría descriptiva para poder trazar planos.

Durante la Edad Media, las grandes obras, como las catedrales, estaban a cargo de un maestro constructor, que diseñaba los planos de obra y de carpintería y a quien estaban sujetos los demás oficios, entre ellos los de carpintería y vidriería. El maestro contrataba, despedía y pagaba a los equipos, los cuales sin embargo, mantenían su autonomía y firmaban muchas veces sus obras.

La Ilustración se encargaría de liquidar el sistema pero también de darnos a conocer el estado del arte de la carpintería gracias a la Enciclopedia.

En los siglos XIX y XX tanta exigencia dejó además de tener sentido ante la disminución del trabajo; el hierro empezó a imponerse como material de construcción.





Azuelas medievales

Al principio las cuadrillas eran itinerantes; cuando creció la demanda los carpinteros se hicieron sedentarios, ocupándose de hacer vender su trabajo y sus productos en el mercado. Era frecuente el uso de esclavos.

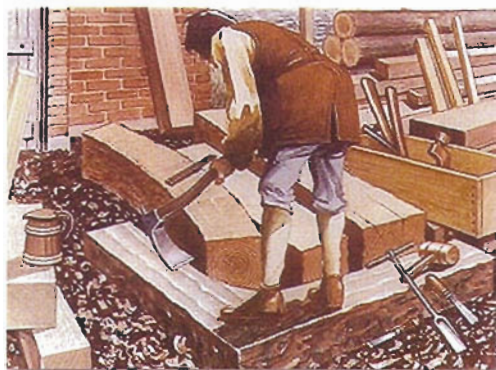
### Precios y salarios

Desde la Edad Media, excepto el oficio de armas, que estaba bien pagado, los demás obreros vivían mezquinamente.

Para aquella minoría adinerada y poderosa trabajaban todos los oficios y en particular los carpinteros.

Además de estos clientes laicos muchos trabajaban exclusivamente para los monasterios y la Iglesia, donde se exigía un alto nivel de calidad. El nivel técnico alcanzado era altísimo como lo prueba la pervivencia de muchísimas obras a lo largo de siglos.

Los pagos (en dinero o en especies) se hacían en tres plazos: al comenzar, a la mitad y al acabar las obras. Otro sistema era el de certificación y pago de partes



Dibujo idealizado sobre el trabajo de la azuela

realizadas. La jornada de trabajo no se sabe con certeza aunque se supone que era de sol a sol.

Algunos datos que tenemos es que un carpintero, hacia 1580, cobraba 3 reales/día, igual que un cantero y un albañil, mientras que un maestro de oficiales de carpintería cobraba en 1562, 5,5 ducados/día<sup>1</sup>, lo que indica un buen poder adquisitivo comparado con los precios de las viviendas.<sup>2</sup>

Por estas mismas fechas conocemos el coste de la carpintería de El Escorial, con la pega de que se incluye mano de obra y madera. Fueron en total cerca de 116 millones de maravedís (unos 3.410 millones de reales). El arquitecto cobraba 500 ducados al año, los aparejadores 196 ducados, los peones cobraban un ducado al mes más un real de comida al día. La madera de Pino labrada vale 205 reales el m<sup>3</sup> (unas 50.000 pta según determinadas equivalencias)<sup>3</sup>.

En 1753 un carpintero cobraba 1.125 reales por 200 días de trabajo<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> un ducado = 37,5 maravedís = 11 reales, 1 maravedí en 1598 equivale a 11,029 reales y 1 real, 34 maravedís. 1 Ducado = 37 maravedís. 1 maravedí equivale a 100 pta en 1998 por lo tanto un ducado a 37.500 pta. El maravedí no era una moneda valutaría sino sólo una expresión de equivalencia. La peseta sólo puede compararse con el ducado o el real del siglo XVI, a través de su capacidad adquisitiva.

<sup>2</sup>Por ejemplo el alquiler anual de una casa en Cuenca en 1577, era de 14 ducados y en 1597, de 6,2

ducados y la cantidad asignada a un cerrajero de alto nivel en El Escorial es de 67 ducados al año.

<sup>3</sup>Los datos relativos al Escorial están tomados del trabajo de Diodoro Soto García La madera y la economía en la construcción del Monasterio de El Escorial (Revista Forestal Española nº 2)

<sup>4</sup> Respuestas generales del Catastro de Ensenada (Santander, 1753)

<sup>5</sup> 1 pie = 12 pulgadas = 16 dedos = 4 palmos



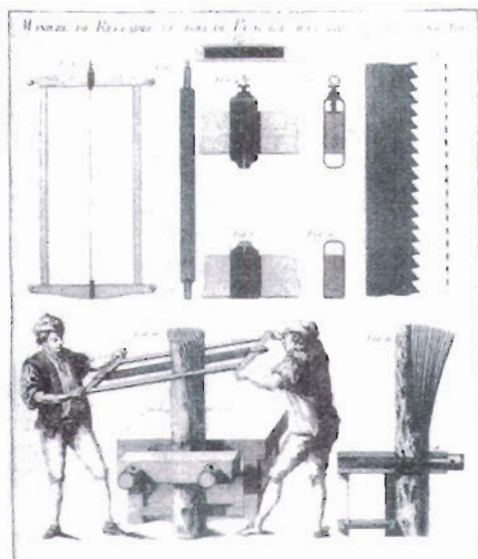


FIG. 1. CUTTING SAWN VENLERS, ROUBO, PARIS, 1774

#### Chapistas. 1774

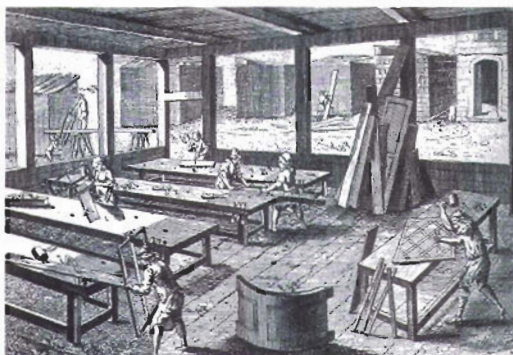
En 1748 en Canarias una puerta exterior cuesta 110 reales, una ventana simple, 100 reales, una ventana doble 160 reales y una escalera 250 reales. 5 ventanas altas iguales, 600 reales.

En 1757, la hechura (descontando la madera) de puertas *tableradas* o entabladas, 30 reales. Los marcos se facturan aparte.

En 1783 por la hechura de tres puertas y una ventana, 18 reales de plata, por su colocación 4 reales. La madera para hacerlas, 27 reales. Los marcos valen 20 reales la madera y 10 reales la hechura. Los herrajes de esas tres puertas (incluyendo argolla, dado y zapata) 12 reales.

#### Enseñanza

La organización del aprendizaje era la siguiente. En la cúpula del equipo figuraba un maestro que tenía a su cargo uno o varios oficiales. A su vez los aprendices se ponían bajo la tutela de los oficiales para su instrucción. La obligación del oficial era atender la manutención completa del aprendiz y enseñarle el oficio. El tiempo de aprendizaje solía durar entre 3 y 6 años y luego se sometían a un examen,



Taller de carpintería del siglo XVII (Enciclopedia Diderot y D'Alambert)

como queda dicho. El objetivo final era limitar el número de maestros y evitar una excesiva competencia. El examen tenía una parte teórica y otra práctica (ejecución de puertas, ventanas y armaduras, etc.)

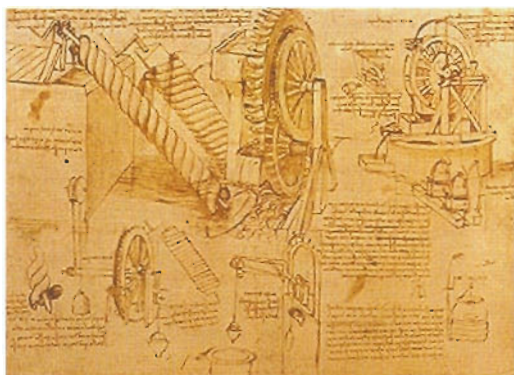
El 28 de febrero de 1787 una orden del conde de Floridablanca estipulaba que no se concediesen títulos de arquitectos y maestros de obras sin que los artesanos fuesen examinados por la Real Academia de San Carlos de Valencia o la de San Fernando de Madrid. Se trataba de instaurar arquitecturas eruditas con los estilos al uso.

#### Contratos

Desde la Edad Media los contratos de carpintería entre propiedad y artesano se elevaban a público ante notario, regidor o escribano público con expresión detallada de la obra a realizar, especies de madera, calidades y mediciones, cantidades recibidas a cuenta y adeudadas a plazos convenidos. Los pagos podían ser dinerarios o en especies (normalmente en fanegas de trigo). El carpintero podía encargarse o no de la compra y acopio de la madera y del resto de materiales (clavos, etc.)

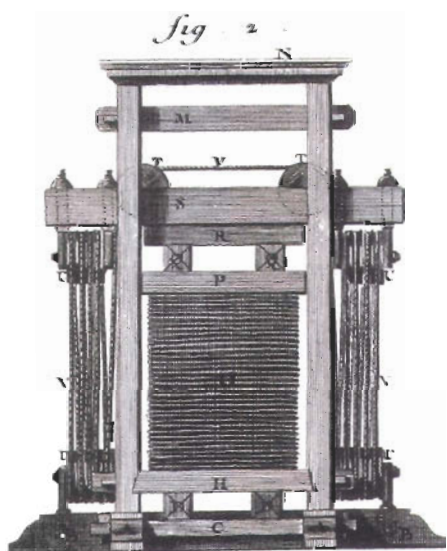
#### Almacenes

Especialmente después de las deforestaciones de los siglos XV y XVI se dictaron severas ordenanzas para los turnos de corta y se comenzaron a hacer algunas repoblaciones.

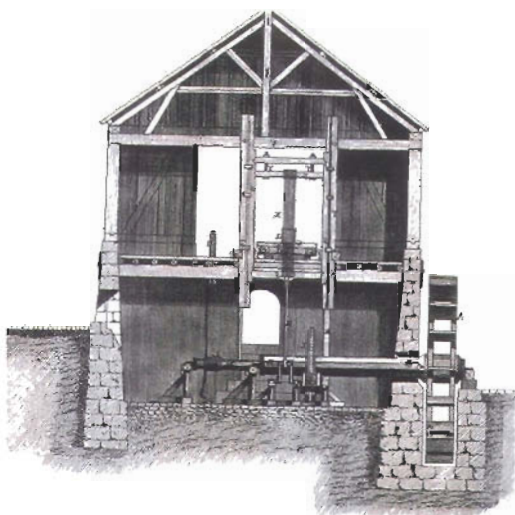


Ingenio hidráulico. Leonardo Da Vinci

Las Ordenanzas de Carlos III, las primeras reglamentaciones que conocemos, demuestran que los precios estaban intervenidos. En ellas se indicaba que "Todas las personas que tuvieren corrales de madera deben acudir a Madrid en su Ayuntamiento para que se les dé precios de cómo han de vender cada género, no siendo ellos los árbitros, como lo han sido hasta ahora, para alterarlos cuando se les antoja". Así una viga para una prensa de almazara, valía 110 sueldos (1 sueldo de 1598 equivale a 1.700 pta en 1765)



Prensa (Enciclopedia Diderot y D'Alambert)



Sierra hidráulica (Enciclopedia Diderot y D'Alambert)

Cada madero de a diez, doble, tiene catorce pies de largo (1 pie = 0,378 m) y por tabla siete dedos (1 dedo = 1,737 cm ó 1/16 de pie) y por canto cinco de vara castellana (una vara castellana = 0,86 m); éstos siendo de buena ley, valen a seis reales y cuartillo de vellón" (un real = 34 maravedís y un cuartillo de vellón = 8,5 maravedís)

Todos los alarifes municipales debían entrar en los almacenes de madera para comprobar que ni las lluvias ni los soles habían deteriorado el género y los almacenistas no podían impedir la entrada bajo pena de doscientos maravedís de multa y aun de azote.

Los contratos particulares insistían en considerar sólo el duramen, despreciando la 'madera blanca', y que fueran sanas y limpias.

Desde el siglo XVII se importa madera de abeto y roble europeo. Antes se había empezado a traer maderas nobles de América.

# Tecnología de la carpintería



## Un apunte histórico

La historia de la carpintería está íntimamente relacionada con dos factores. Uno técnico, en cuanto al desarrollo de la tecnología de la madera (corte, secado, uniones, acabados, etc) y otro cultural, como un elemento más de la construcción (estilos arquitectónicos, muebles, etc.)

## Edad Antigua

La arqueología ha descubierto la existencia de sierras y formones (incluso de oro) en tumbas y sarcófagos sumerios). La civilización egipcia, especialmente el Nuevo Imperio, posee un carpintería y un mobiliario avanzado, fruto de cuarenta siglos de civilización y que conocemos gracias a los descubrimientos arqueológicos recientes (siglo XX). Los ensambles se hacen a caja y espiga y se usan unas pocas clavijas de madera. Los clavos metálicos no se conocen. Las superficies se cierran con bastidor y tablas que se insertan en él verticalmente. Los egipcios empleaban casi exclusivamente maderas importadas, sobre todo de Cilicia, especialmente el olivo, la higuera, el sicomoro, el tejo y el cedro. Además desarrollan el arte de la incrustación del marfil, nácar y oro. Como herramientas, se valían fundamentalmente del formón con el que realizaban

desde tallas de adorno, hasta paneles de muebles y otros objetos de uso doméstico.

La carpintería asiria y persa es parecida a la egipcia y sólo aporta el empleo de grapas metálicas en las uniones y la tornería.

La carpintería griega y romana es de construcción rígida y líneas sobrias. Al igual que de las civilizaciones mesopotámicas conocemos su forma por inscripciones, pinturas, relieves y escritos ya que no han llegado hasta nosotros ningún resto. Los romanos conocían el cepillo de carpintero, además de las gubias, azuelas, formones, tenazas y martillos, clavazón de grapas y lañas.

## Edad Media

Como ya se dicho en diversos lugares, el hundimiento del Imperio romano hizo retroceder la tecnología hasta niveles arcaicos hasta la alta Edad Media. En los siglos X y XI los paramentos ya se empanelaban con un armazón y tablas grapadas en vertical.

Hacia finales del siglo XIII se difunde en casi toda Europa un estilo arquitectónico avanzado, el gótico, con una carpintería más refinada en lo formal (arcos ojivales, paneles en relieve con decoración 'plegada', etc.) y en lo tecnológico. Aunque domina la talla, se desarrolla el





Compás romano aparecido en Pompeya

panelizado a base de bastidor enclavijado y plafón. También comienza el chapado con especies nobles (fresno, arce, etc.). Se mejoran los ensambles y las fijaciones a base de clavijas, grapas y lañas. Se empiezan a usar colas de origen animal. Desde el siglo XIII se tornea la madera siguiendo la tradición hispano-musulmana y se recuperan herramientas que ya utilizaban los romanos. La riqueza de motivos ornamentales en los muebles nos permite deducir la recuperación, para el taller, de azuelas, pequeñas sierras, cepillos, berbiquís, gubias y formones. La cerrajería alcanza en esta época un desarrollo notable. No hay que olvidar que desde el siglo XII existen forjas hidráulicas en Europa al dominar la tecnología de reducción del mineral de hierro en hornos de leña y carbón vegetal. El acabado de las piezas es basto: en piezas de construcción se deja muchas veces la cara hendida que deja la fibra entera. El acabado fino es a base de azuela que deja una superficie lisa pero de relieve ligeramente escamado. La azuela era muy difícil de manejar, tenía un gran filo y pesaba unos 2,5 kg. Al contrario que el aserrado al hilo, el escuadrado exigía más habilidad que fuerza porque cualquier mella podía echar a perder todo el trabajo. Aún hoy es un acabado que se aprecia y se imita.

### Renacimiento

A partir del Renacimiento el artesano de la madera sale del anonimato, se abandonan las rusticidades de otros tiempos y se



gana en refinamiento. Se especializa en ebanista (mueble) y carpintero (construcción y estructuras). Adquieren importancia los moldurados, que exigen en el terreno tecnológico mejoras de las herramientas anteriores (cepillos de moldurar boceles para tornear balaustres etc.). Se mejoran con nuevos materiales los chapados a base de espejuelos, estucos (polvo de yeso y cola), taraceas, etc. El Renacimiento italiano pone de moda la madera de nogal y el castaño. Los acabados son mates y se oscurecen con barniz y mordiente. En Francia se emplea el roble y en Alemania se emplean maderas más contrastadas y molduras más salientes. El Manierismo enriquece y complejiza las formas clásicas, lo que repercute en una tecnología más refinada por parte de artesanos y herramientas.

### Barroco

Con el Barroco, Luis XIII, Luis XIV, Luis XV y Rococó en Francia y Reina Ana, Georgiano y Chippendales en Inglaterra, los artesanos se refinan a niveles nunca más alcanzados. La complejidad de las formas curvas exige el dominio de la geometría y de los sistemas de representación. Los ensambles son enormemente complicados.

Con el desarrollo de las artes decorativas se amplía el catálogo de maderas exóticas y las oscurecidas con mordiente (ébano, palo santo, etc.). Los acabados se enriquecen con las lacas y



Cepillo del siglo XVII

revestimientos de marfil y carey, piedras y metales (platas, bronces). La taracea y el chapado se eleva a niveles inigualables. La moda de la laca y los motivos chinoscos llega a través de las Compañías de Indias. Los paneles de madera se utilizaban como soportes y la nueva técnica se aplica a muebles, puertas y paredes. La laca, inicialmente importada de China se empieza a fabricar artificialmente en Inglaterra en el siglo XVII mediante disolución de sustancias resinosas en alcohol y esencia de trementina más aceite de linaza.

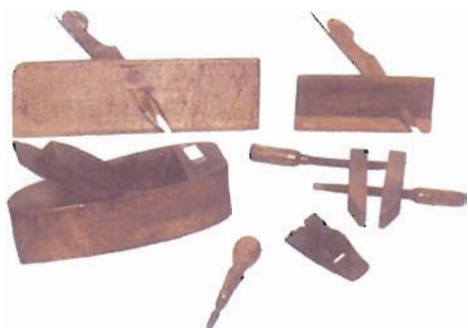
En Venecia se inventa otro tipo de laca artificial a base de yeso y cola, que se decora con témperas y relieves de pastilla recubierto posteriormente con sandáraca (resina de enebro), un 'vitrificado' muy sólido y transparente.

### El siglo de las luces y los comienzos de la industria

El siglo XVIII es el siglo de las luces y con él llega un primer intento normalizador [véase la Enciclopedia Diderot y D'Alambert (1751-1786)].

Los nuevos estilos de finales del XVIII y comienzos del XIX (Neoclasicismo y Regencia, Luis XVI, Directorio, Imperio y Restauración) coinciden con la revolución industrial inglesa y recuperan las líneas rectas y la madera maciza, especialmente la caoba.

A nivel tecnológico este siglo XIX destaca



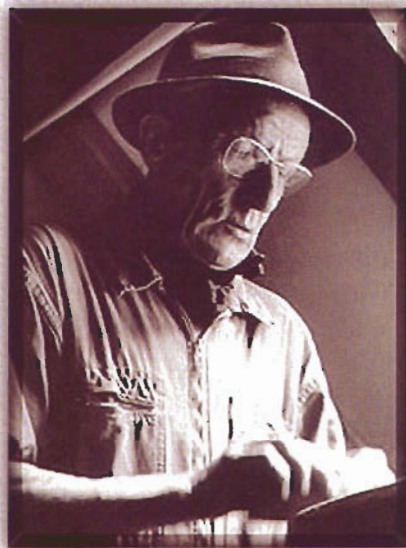
Herramientas clásicas del siglo XIX

por la invención de la cepilladora y la fresadora mecánicas, máquinas que sólo aliviaban medianamente el trabajo de carpintería.

La transición del siglo XIX al XX supone el desarrollo de la tecnología del hierro y la decadencia de la madera como material de construcción y también en carpintería empieza a perder terreno. Algunos estilos de transición (Victoriano y prerrafaelismo) se caracterizan por su resistencia y su intento de recuperación de artesanías en decadencia frente a los excesos de la industrialización.

El *canto del cisne* de la tecnología artesanal de la madera brilla a su más alto nivel en los estilos de cambio de siglo: el Art Nouveau a comienzos de siglo XX (se conoce como Modernismo en España, Jugendstil y Secesión en Alemania, Modern Style en Inglaterra y Liberty en Italia) y el Art Déco en el periodo de entreguerras.

# Invariantes tecnológicos de la carpintería hasta el siglo XX



Con el desarrollo de la industrialización de la carpintería se desplaza definitivamente al artesano a un sector marginal pero muchos de los procesos siguen invariables.

## **Extracción, corta y aserrado**

Los sistemas de extracción y corta de la madera incluyen las operaciones de derribo, tronzado, pelado y corte al hilo del árbol en el propio bosque.

El aserrado manual ha continuado prácticamente hasta bien entrado el siglo XX.

Aunque las sierras mecanizadas movidas por ruedas hidráulicas ya se conocían del siglo X y eran ampliamente usadas desde el siglo XIV (Augsburgo, 1322) en el molido del grano y en las prensas en el aserrado apenas se empleaban. Se supone que se desarrollaron especialmente para la industria naval en el siglo XVI pero sólo se emplearon en este sector concreto.

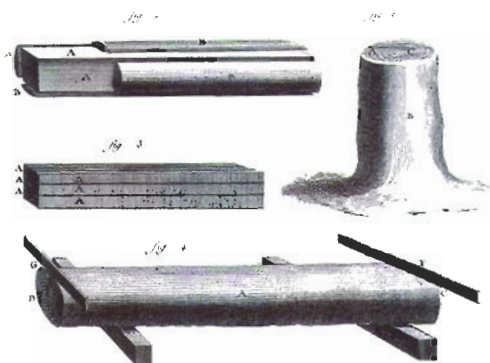
Lo que se hacía generalmente era el corte al hilo (siguiendo la veta) que se ejecuta-

ba en el propio bosque, a base de brazos, apoyando el tronco en un trípode. Otro sistema más antiguo era el hendido longitudinal de los troncos con ayuda de cuñas. (Ya la Eneida decía en su libro sexto relata 'como "caen los pino, resueñan la encina y el fresno, heridos de las hachas, y el hendible roble se raja a impulso de las cuñas"). Los maderos obtenidos de esta forma eran más resistentes al preservar la integridad de la fibra.

En cualquier caso el aserrado era lento y caro, especialmente en especies duras como el Roble que era la más usada en carpintería.

Las piezas se marcaban al corte con líneas señalando dimensiones 'normalizadas' para su uso final (vigas, planchas, piecerío para carpintería, tablas, etc.) y con una sierra de cinta (enmarcada en un gran bastidor de madera o con dos mangos en sus extremos), un operario arriba y otro abajo, se iba descargando la herramienta sobre la madera. El hombre





Despiece de la madera (Enciclopedia Diderot y D'Alambert)

de arriba guiaba la hoja que mordía la madera al descender y el de abajo es el que hacía más fuerza tirando. La madera así cortada, se vendía a los carpinteros a través de rematantes. De estas piezas se separaba la albura para usos residuales quedándose el carpintero con el duramen ya que se sabía por experiencia que su durabilidad natural y su resistencia eran mayores.

El largo cumplido se solía medir en pies, el ancho o grueso en palmos, dedos y pulgadas y el alto en palmos. Sistema de medidas, que sigue vigente en algunos países de influencia anglosajona y que es, cuando menos, muy intuitivo 1 vara = 3 pies = 2 codos = 0,84 metros.

Así las vigas tienen entre 20-26 pies (hasta 7 metros) y un palmo de alto y medio de grueso.

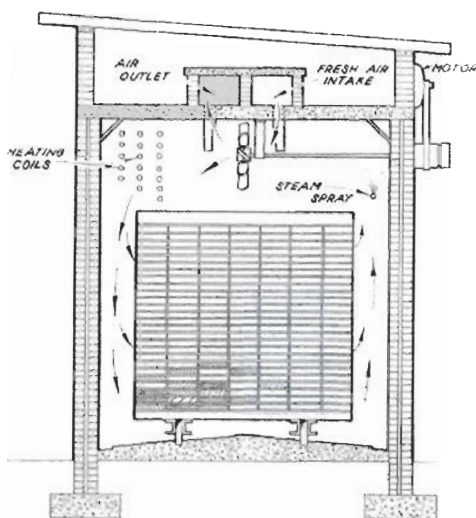
Las tablas de sollar o solladía (lo que llamaríamos tarima) se destinan a los suelos pero también a plafones de puertas.

Las tijeras son tablas de aplicación en bastidores de ventanas y puertas y también en armaduras.

Las tablas de forro de dos palmos de ancho servían como revestimiento. También existían cortes especiales para las huellas de escaleras, pasamanos, etc.

### Secado de la madera

La elección de especies y el secado de la

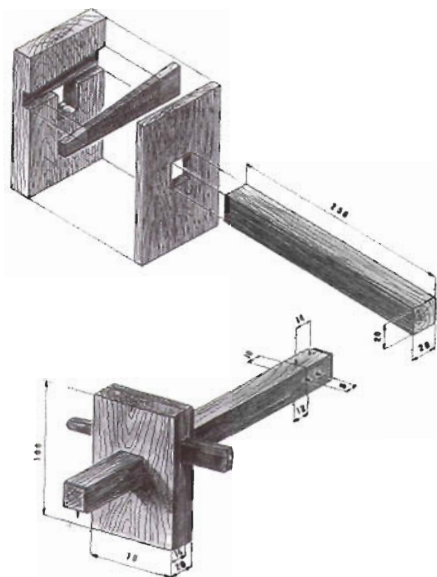


Secadero convencional

madera en el pasado, revela que en la carpintería existía un elevado conocimiento del comportamiento de este material. Normalmente se empleaba madera de calidad, desprovista de albura (la cual se rechazaba por su vulnerabilidad a los ataques y su menor resistencia mecánica).

### Secado tradicional

Tradicionalmente la madera se almacenaba y secaba durante una serie de años a la espera de ser utilizada en uno u otro destino final. La madera así estabilizada se sigue denominando "curada", en un proceso semejante al que se someten determinadas carnes y alimentos. Estos principios que ahora conocemos científicamente eran conocidos empíricamente desde los egipcios y los romanos. Desde la Edad Media se transmitieron a través de las cofradías o gremios, verdaderas cooperativas profesionales, de forma más o menos secreta. La tradición milenaria japonesa, revela hábitos parecidos: los carpinteros supervisaban personalmente la selección del árbol, el aserrado, el almacenaje y el secado que se realizaba de pie durante una media de 10



**Gramil. Herramienta de medida utilizada durante siglos**

años. El carpintero conocía y revisaba periódicamente las piezas, especialmente las más antiguas y valiosas.

El secado de la madera perseguía colocarla idealmente en el local donde quedaría instalada para que, en perfecto equilibrio higrotérmico con su ambiente, no se alterara, y se estabilizara en él de una forma rápida y sin riesgo. El uso de maderas vernáculas que trabajan mejor en sus lugares de origen fue también un principio ampliamente empleado, hasta el extremo del sintoísmo japonés, que obligaba a colocar la madera en el mismo sentido y orientación original del árbol. Aunque hasta mucho más tarde, la termodinámica no explicó este intercambio higrotérmico entre los cuerpos y su entorno, desde muy antiguo se conocía que en la madera este proceso se hacía de forma muy lenta, hasta lograr el equilibrio final.

En la práctica se realizaba al aire en dos fases: dos años para maderas que requieren condiciones menos exigentes (hoy sabemos que en este tiempo alcanzarían alrededor del 18% de humedad). Una segunda fase para carpintería interior y ebanistería donde se dejaba secar más

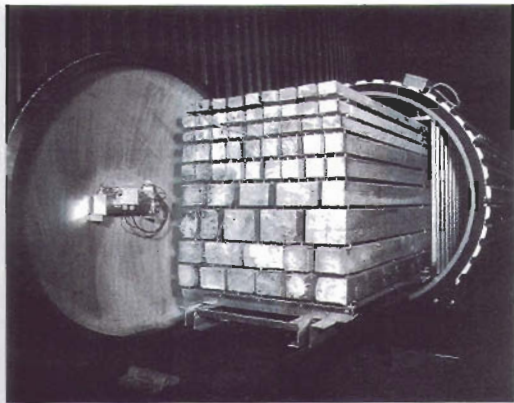


años, llegando a 10-12% y lograr una durabilidad de siglos. Hoy en día el secado sigue siendo un problema capital para los carpinteros.

### **El taller de carpintería tradicional hasta el siglo XX**

En el proceso de fabricación tradicional la madera comprada permanecía almacenada al exterior, hasta el momento de ser mecanizada. Si no tenía la humedad adecuada se la secaba al aire antes de que se conociera el secado artificial. En los talleres se comenzaba a trabajar a partir del tablón que se sacaba, como queda dicho, del tronco con sierras «braceras». Si venía en tronco, la madera se conducía hasta una mesa, donde una sierra múltiple la cortaba longitudinalmente pudiendo dar hasta seis cortes. Posteriormente se realizaban los cortes transversales o tronzado. Después se daban una serie de cortes al tablón a lo largo con sierras de cinta o a mano.

Después del despiece, en un banco, con la garlopa, se hacía una cara. Con la escuadra se comprobaba la perfección del ángulo, y en caso contrario se marcaba con el gramil lo que sobraba o faltaba. Operación que se repetía en las otras caras. Después, se trazaban las líneas para hacer las cajas, que se hacían a base de un escoplo (una especie de



**Secado al vacío**

formón más grueso).

Antes de hacer las espigas, se utilizaba un cepillo cuyo filo tenía la forma de moldura lo mismo que las ranuras que eran necesarias para los plafones de las puertas y para las juntas, cámara de descompresión y contactos hoja-cerco de las ventanas.

A continuación se realizaban las espigas, para conseguir unos ensamblados perfectísimos que se realizaban a base de cola, cuñas y clavos de madera.

Seguidamente venía la colocación del herraje y el montaje de la carpintería. En el caso de la ventana, y ya en obra, se realizaba el acristalado y el sellado.

### **Secado industrial**

Desde el punto de vista industrial y también financiero, resulta muy difícil rentabilizar un parque de madera de calidad en secado natural por lo que se debe acudir al secado artificial en cámara, un proceso más rápido y preciso, pero también a veces más arriesgado, si no se realiza y controla correctamente. Para ello se siguen cédulas de secado relativamente precisas y se somete a la madera a un acondicionamiento que elimine las tensiones internas, de esta forma cuando se desdoble (se asierre longitudinalmente) no aparecerán alabeos ni curvaturas.

El secado industrial consta de tres fases. La primera consiste en sacar el agua de la

madera hasta un valor similar al final deseado (aunque insuficiente para su uso en carpintería). La segunda fase es la *igualación*, que permite que un cargamento de madera se encuentre en valores de humedad muy próximos entre sí y hace que las piezas contiguas tengan la misma humedad. La tercera consiste en lograr una distribución de la humedad final en cada pieza de madera similar en el interior y en las caras de las tablas o piezas, también llamada de *acondicionamiento*. El acondicionamiento elimina tensiones en el interior de la madera.

Otras ventajas secundarias del secado son la exudación de resinas y la esterilización de algunos xilófagos, aunque esto no equivale a un tratamiento antiséptico, es decir, no inmuniza contra ataques ulteriores.

Debido a la doble exposición de la ventana a los ambientes exterior e interior, la madera, tanto en cercos como en precercos, debe tener una humedad de equilibrio comprendida entre el 10 y el 15% dependiendo de la localización en la que vaya a colocarse la carpintería.

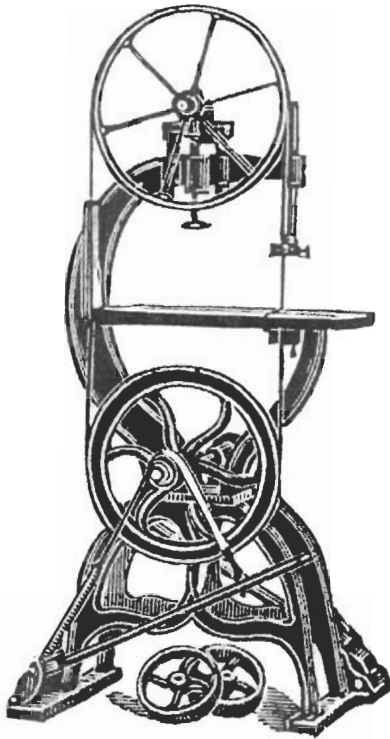
### **Las primeras máquinas en la fabricación tradicional**

El taller de carpintería ha evolucionado muy poco hasta mediados del siglo XX, con saltos cuantitativos más que cualitativos.

Durante la Revolución Industrial, en el último cuarto del siglo XIX, las primeras industrias que se adaptaron a los nuevos tiempos fueron las más estratégicas: armamento, relojería, textil y agraria. Las máquinas para la madera más desarrolladas en esta época eran las de vapor y las accionables a pedales.

Como en el resto de sectores industriales, el desarrollo de la máquina-herramienta, esto es, las máquinas que hacen máquinas, comenzó en el siglo XIX. Para ello, era imprescindible la estandarización y la intercambiabilidad de sus componentes. Sin embargo hasta mediados de la década





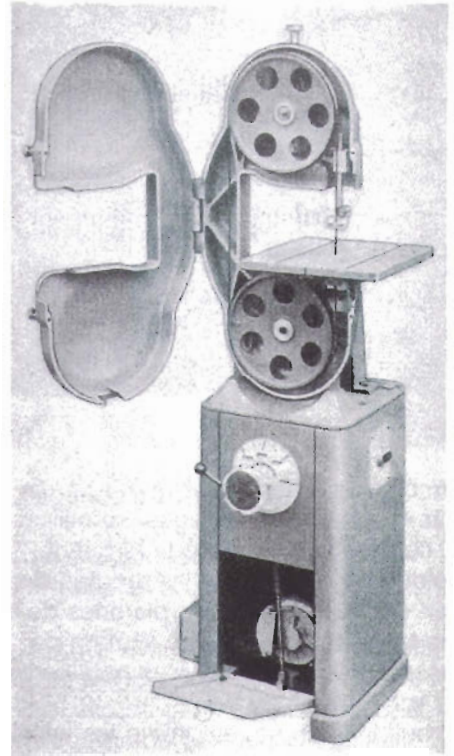
Sierra de cinta de pedales de finales del siglo XIX

de 1960, los productos de carpintería se fabricaban en talleres cuya maquinaria era muy elemental: sierra de cinta, sierra circular, cepilladora (frecuentemente complementada con un taladro, en cuyo caso se llamaba combinada o universal), regruesadora y tupí.

En función de la capacidad de producción esta maquinaria básica se complementaba con sierra circular de ingletear, escopleadora, espigadora, fresadora para hacer las colas de milano, torno, lijadora de banda, sierra de marquetería o calar, y diversa maquinaria portátil.

Con esta maquinaria se fabricaba todo tipo de carpintería: puertas, ventanas, suelos, frisos, y hasta armarios empotrados y muebles para la cocina, librerías, etc.

Más adelante, el perfil de cercos y hojas pasó a hacerse en una moldurera distinta de la del resto de los productos (jambas,



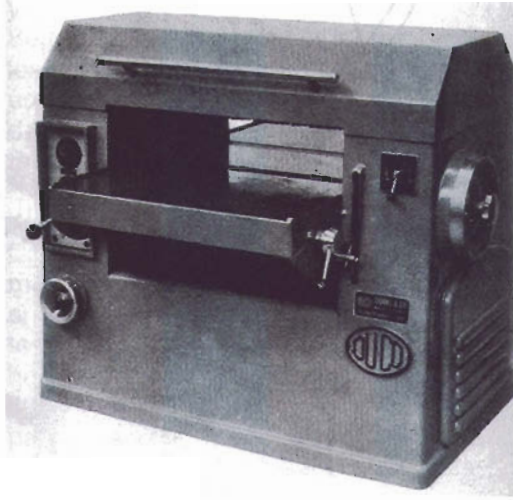
Sierra de cinta mecánica

precercos, rodapiés, etc). Estas nuevas moldureras y perfiladoras permitieron producir perfiles muy esbeltos sin merma de sus características mecánicas. Después se armaban los perfiles de forma tradicional: a caja y espiga, a doble escuadra o a falsa espiga.

Las uniones se reforzaban con adhesivos sintéticos (urea-formol en las juntas gruesas, vinílicas, termo-endurecibles y de resorcina en el resto), con una resistencia mecánica al envejecimiento prácticamente indefinida, incluso superior a la de la propia madera.

Tras el encolado y prensado se colocaba el herraje de las ventanas en una máquina especial que primero realizaba el taladro y después atornillaba el pernio o la bisagra.

Las líneas de fabricación incorporaban ya un sistema de aspiración de serrín y viruta, que conducía los residuos a silos para su posterior aprovechamiento.



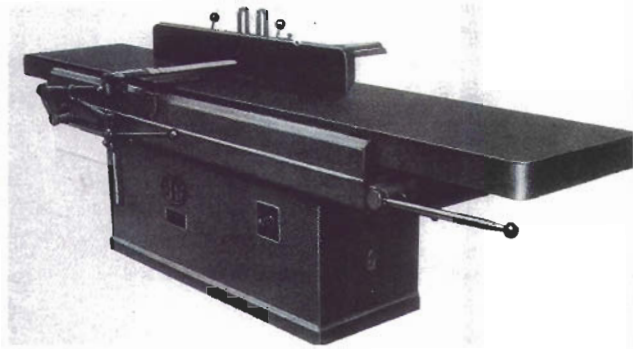
Reguesadora

### Líneas de fabricación en la década de 1970

La madera se seguía adquiriendo seca al aire, completándose el secado en el almacén durante varios meses o años. La elaboración del producto se iniciaba todavía con el despiece del tablón o tabla en la sierra de cinta o de mesa.

La sierra de cinta, o sierra de cinta sin fin, tiene dos volantes (de entre 70 y 90 cm) entre los que se sitúa la cinta de sierra. Tiene una guía que se desplaza sobre la mesa para permitir variar el ancho del corte. Éste es siempre longitudinal. Por lo general las sierras se preparaban (afilaban y triscaban) fuera de la empresa, en talleres especializados que disponían de maquinaria adecuada, salvo que el tamaño de la empresa justificara un departamento propio de afilado.

La sierra circular permite cortes longitudinales y transversales, es decir, dimensionar las piezas. La mesa de la máquina tiene unas guías que facilitan esos cortes y permite elevar la pieza con relación a la posición del disco para ajustar su altura al grueso de la pieza. Es imprescindible para trabajar con seguridad que tenga sistemas que impidan el retroceso de las piezas, el pinzamiento de

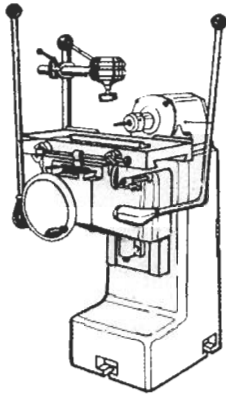


Cepilladora

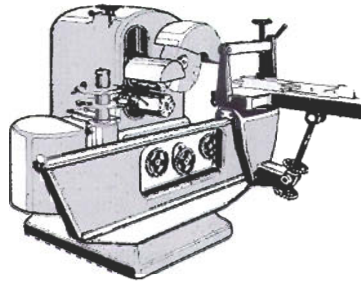
la sierra y que se pueda introducir la mano durante el corte. En algunos modelos se puede inclinar la mesa para cortar a inglete.

La cepilladora más la reguesadora son máquinas que ajustan perfectamente el grueso deseado de la pieza y cepillan las caras. Consta esencialmente de un eje donde se colocan unas cuchillas, y dos mesas, una anterior en el sentido de avance de la pieza, que se mueve permitiendo diversas alturas y otra posterior y fija, de forma que su altura relativa respecto de la mesa móvil define el grueso que debe comer el sistema de corte. Una vez cepillada una cara se consigue el grueso de la pieza, a la vez que cepilla la cara opuesta, por medio de la reguesadora. Esta última máquina consta de un eje en el que se colocan las cuchillas que cepillan la cara de la pieza, un sistema de avance de la madera y una mesa que, por medio de un movimiento vertical, permite ajustar el grueso final. Si la diferencia entre el grueso inicial y final es muy grande es necesario pasar la pieza de madera varias veces por la máquina.

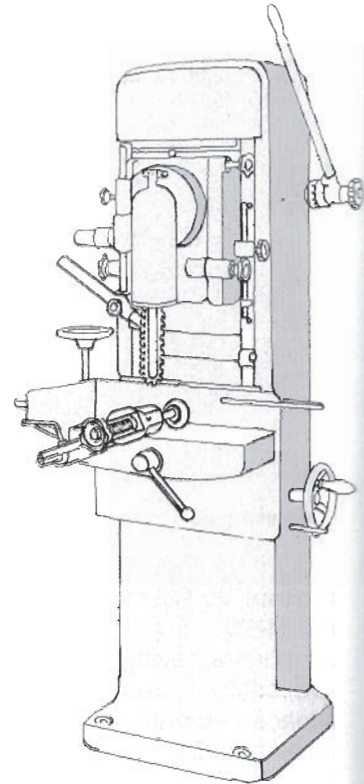
Es muy normal que la cepilladora se combine, aprovechando el mismo motor, con una fresa o taladro para cajeados y taladrados. Más que por el ahorro de maquinaria, estos aparatos se justificaban por el ahorro de espacio en el taller. En algunas versiones se combinaban cepilladora, reguesadora, fresa o taladro,



Escopleadora de broca



Espigadora



Escopleadora de cadena

sierra circular y tupí. Sin embargo pronto se comprobó que era más útil y preciso contar con distintas máquinas que tener un compacto cuyo uso resultaba incluso peligroso.

En el terreno de la maquinaria 'menor' complementaria están la escopleadora, el torno, la sierra de calar y la tupí.

La escopleadora era de dos tipos fundamentalmente:

- De broca. Una columna que lleva el motor y el portabrocas y un carro con movimiento en los 3 ejes. Esto permite subir y bajar la mesa, acercar la pieza a la broca y desplazarla a izquierda y derecha realizando la mortaja o escopleadura. Con esta máquina se pueden realizar por tanto taladros y cajas (mortajas) o escopleaduras (si se atraviesa totalmente la pieza).

- De cadena, formada por una columna que lleva un sistema de giro de la cadena de eslabones cortantes (similar a una motosierra) y una mesa con los tres movimientos. Incluso existían modelos de mesa inclinable. Las mortajas pueden ser de caja cerrada o escopleadoras abiertas. El torno se empleaba para la elaboración de piezas de revolución. Una máquina imprescindible para talleres de muebles. Las piezas de madera se colocan entre dos carros, que pueden separarse, sobre unos cabezales, uno con garras que obliga a

girar la pieza; mientras un formón, que se apoya sobre un soporte, se desplaza entre las dos garras y va comiendo la madera. La sierra de calar, también llamada sierra para marquetería, está formada por una columna con un brazo, que permite salvar anchos de piezas grandes. Sostiene un carro en el que se sujeta por medio de una mordaza, una estrecha hoja de sierra, la cual se sujeta en el otro extremo por debajo de la mesa con otra mordaza. Un dispositivo, por medio de una excéntrica, comunica a la hoja un movimiento de vaivén.

La tupí es una fresadora de eje vertical cuyo motor está en la parte inferior, de forma que sobre la mesa emerge el eje sobre el que se colocan los hierros con la contraforma del perfil de la pieza que se quiere obtener. Es una de las máquinas más empleadas en la carpintería tradicional.



y una de las más peligrosas también. Según los hierros colocados, se obtienen los diferentes perfiles. Se puede acoplar un carro que permite hacer lazos de cola de milano.

En un principio el carpintero preparaba los hierros para cada perfil y se cuidaba de su afilado.

Con la espigadora se trabajan los extremos de los perfiles para ensamblarlos entre sí y formar el bastidor. Esencialmente consta de una serie de ejes verticales y horizontales que sostienen sierras, cuchillas y fresas con las formas necesarias para la espiga deseada. Con esta máquina se hace todo el perfilado de la testa con gran precisión.

Esta máquina fue un avance importante en los talleres de carpintería, aunque sólo una producción elevada justificaba su

adquisición. En algunos modelos se complementaba con una escopleadora que iba realizando el perfil de la pieza donde se encajaba el extremo espigado. A partir de los años 60 el impulso cada vez mayor de las industrias de la construcción obliga a las carpinterías a esfuerzos importantes de racionalización y especialización. Una evolución de este tipo o la reordenación de los métodos de producción no pudo ser una simple adaptación de los métodos artesanales, había que redefinirlos en función de las nuevas necesidades. Las máquinas tradicionales, por lo menos las más importantes, seguían asegurando su trabajo pero era preciso construir las instalaciones de enlace entre ellas, un estudio de los tiempos y procedimientos de control.

## Fabricación industrial de puertas

### **Puertas planas, fabricación**

Esta industria puede considerarse una de las más antiguas, tanto dentro del sector de la madera como de la industria en general. Sin embargo hasta los años 1960-70 no dejó de ser artesanal: la aplicación de tecnologías desarrolladas en Europa, así como la instalación de maquinaria específica avanzada, hicieron que en muy pocos años se pudiera separar la actividad industrial de la artesanal.

Las primeras máquinas para la fabricación de puertas eran las combinadas cepillo-sierra circular-taladro, que, en ocasiones, también llevaba el regrueso; y la posibilidad de cambiar el disco por una fresa para hacer molduras.

El sistema tradicional era a base de montaje de alma, encolado de paramentos al alma y prensado en prensa de platos calientes dispuestos en pisos.

### **Acondicionamiento de chapas y tableros**

Las chapas y tableros que forman los paramentos de las puertas exigen un almacenamiento cuidadoso para que la humedad requerida en fabricación no provoque alabeos. El almacén de tableros debe conservar los tableros del 6 al 7% de humedad lo que se consigue si el local está suficientemente ventilado; en épocas frías o de mucha humedad es necesaria calefacción o deshumidificador. Las condiciones aproximadas de 20 a 35% de H.R. mantienen acondicionados los tableros. El apilado se hace con separaciones del suelo de más de 20 cm.

### **Preparación de largueros y testeros**

La fabricación de los largueros y testeros consiste en el corte y dimensionado de los listones de madera, con una humedad del 7 al 10% (puertas de interior) para evitar

alabeos. Se realiza con cepilladoras, regruesadoras o moldureras. El cepillado a cuatro caras requiere moldurera a cuatro caras. Se trata de una máquina con una serie de motores (hasta 9) que mueven un árbol (eje) sobre el que va el útil de corte (fresa u cuchilla)

### **Armado del bastidor y montaje del alma**

Una vez mecanizados los perfiles se arma el bastidor grapando testeros y largueros con pistola. A continuación se dispone en su interior el alma junto con los refuerzos correspondientes de cerradura. La operación se realiza sobre la mesa de armado.

### **Encolado**

El encolado es determinante para la calidad de la puerta. El encolado de los paramentos al conjunto de cerco y alma se hace de dos formas: dando cola sólo al cerco y alma o a los tableros. El primer procedimiento es más barato porque la superficie de encolado es mucho menor, sin embargo es más corriente el segundo -aunque debe presentar una superficie de encolado suficiente- por la mayor flexibilidad que permite en la elección de las características de encolado: preparación y dosificación de la cola, viscosidad y extendido, naturaleza de los paramentos (no es lo mismo el contrachapado que el tablero de fibras de densidad media). Hay sistemas que forman el tablero con dos chapas -malla y contramalla- a la vez que la puerta, en cuyo caso hay que encolar los tableros de interior por ambas caras para que una actúe en la exterior y la otra sobre el alma. La operación de encolado se realiza con dos rodillos de arrastre y uno o dos rodillos encoladores pudiéndose regular la cantidad de cola en todo momento.

### **Prensado de montaje**

Una vez armada y colocados los tableros encolados se pasa a la prensa. Se puede prensar en frío si la cola es de fraguado en frío -el mayor problema de prensar en

frío es que la puerta necesita estar mucho tiempo bajo presión para que fragüe- aunque en general es en caliente. En el prensado en caliente hay que controlar la presión, la temperatura (depende de la cola, viscosidad, aditivos, etc.) y el tiempo de prensado. No es aconsejable presionar en exceso porque se marcarán los paramentos. Conjugando estas variables se conseguirá un buen encolado.

La aparición de prensas rotatorias de múltiples huecos (en España la primera de ellas fue la de Puertas Norma) aseguraron una velocidad de giro de la prensa igual a la del tiempo de prensado con lo que se optimizaba completamente el proceso.

### **Chapa**

La chapa que viene en hojas de formas relativamente irregulares se homogeneizan pasando por la cortadora. De ahí pasan a la juntadora para llegar a ocupar toda la superficie de la hoja tomando dibujos armónicos de la veta. Esta operación determina muchas veces la calidad final ya que los aspectos visuales son los más apreciados por los usuarios. Requiere una técnica y pericia que muchas veces se convierte en un arte. Ver páginas 86 y 87.

### **Prensado de rechapado**

La chapa así preparada se encola al armazón y se vuelve a prensar. Esta operación y la anterior se omiten cuando los tableros utilizados en los paramentos vienen ya rechapados.

### **Acabado**

Consiste en el escuadrado, lijado y muy raramente, el barnizado. El escuadrado se realiza pasados unos días para que se enfríe la puerta y termine de fraguar la cola. Se hace con máquinas de corte de los cuatro cantos, automáticamente o ajustándolos de dos en dos. La escuadradora doble consta de dos discos circulares sobre bancadas, sobre un mismo bastidor. Una de las bancadas, puede ser

fija mientras la otra es móvil a la distancia deseada.

Los cantos quedan entonces perpendiculares a los paramentos salvo que se señale la posición de la puerta (la mano) en cuyo caso se da un corte al larguero de la cerradura formando el alambor.

El lijado en fábricas de gran producción se hace con lijadoras de contacto de banda ancha: primero se lija una cara y después la otra mediante volteado o con lijadoras en tren.

En fábricas pequeñas se emplean lijadoras de banda estrecha más o menos automáticas.

El barnizado consiste en aplicar una serie sucesiva de manos (imprimaciones de base, tapaporos, barniz de acabado, etc.)

### Mejora de la maquinaria

A partir de los años 60, la oferta de puertas en el mercado internacional se disparó, tanto en las de caras de maderas nobles como las más económicas revestidas de materiales plásticos.

Al irse endureciendo el mercado por el precio de la madera y para paliar la elevación de costes, se buscó abaratar la producción con nuevas formas de fabricación, ahorro de materia prima y mayor automatización.

En los años 70 la fabricación tendía a conjuntar todo el proceso diseñado y construido por el mismo fabricante. Más adelante se intentaron diseños más funcionales y versátiles, que no generaran gastos de montaje llegando incluso a producir para sistema kit.

A partir de 1971 ya existen máquinas de corte de huecos de puertas vidrieras. La mesa de alimentación almacenaba 10 puertas que automáticamente se iban introduciendo en la máquina.

Un solo hombre podía alimentar el almacén y apilar las puertas ya cortadas.

Desde 1972 se fabrican molduras de tableros de fibras. Se desarrollaron en Alemania a partir de tablero de fibras de 3 a 6 mm de grosor. Los tableros se lijan y

cortan en dimensiones exactas, introduciéndose después en una línea automática en la que son plegados y endurecidos, pudiéndose recubrir con plástico que se imprime imitando madera. La firma que la patentó era Schock and Co. radicada en Schorndorf.

En 1975 se presentó la primera máquina taladradora (Holzma) y colocadora de pernios especiales para carpintería, que permite un ajuste rápido de las distintas distancias de colocación.

Por su parte, un fabricante español (Ramarch), presentó por primera vez prensas para armar versátiles para carpintería en 1975.

### Primeros avances significativos

El abaratamiento de las puertas se comenzó a lograr a mediados de los 70 gracias al replanteamiento de dos elementos básicos: hoja y cerco.

La hoja se construía con largueros y testereros de madera barata, recercada con listones de madera de mayor calidad, realizado con máquinas tradicionales y empleando colas de fusión con posibilidad de encolar gruesos de hasta 25 mm. El único inconveniente se encontraba en el "galceado", que requería una máquina más y producía más desperdicio de madera. Como solución se pensó en galcear los dos largueros en la misma máquina en la que se escuadraba la hoja (doble perfiladora) y posteriormente cantear el cerco con chapas o plástico preencolado. Las dos variantes de este sistema eran poder utilizar para el canteado, cantos preencolados de plástico o de chapa de madera; lo que se solucionó con máquinas automáticas.

El cerco también se solucionó con molduras prefabricadas de aglomerado recubierto de plástico o chapa por una cara y plegado con el sistema "folding"; en una misma línea de producción se realiza todo el proceso automáticamente y es adaptable a distintos grosores.

El sistema folding consiste en esencia en



chapar un tablero, que posteriormente se ranura en forma de V y por último se pliega por las ranuras.

Las líneas de producción automatizadas, se dividían en dos fabricaciones distintas - hoja y cerco- que convergen al final en unidades de ensamblado.

De ahí pasa a la doble perfiladora y a la doble canteadora desde donde sale dispuesta a la línea de herraje. Esta línea es también automática e incluye las bisagras (cajeado y colocación) y orificio del pomo y cajeado de la cerradura.

El cerco, al utilizar la técnica del "folding" requiere también una línea automatizada. El ensamblado utiliza las nuevas técnicas de elementos rectos con simples dispositivos mecánicos que permiten simplificar el proceso por emplear piezas totalmente terminadas.

### **La automatización definitiva**

El avance de la década de los 80 supuso un progresivo paso de la estructura tradicional a la estructura competitiva e innovadora. Como en el caso de las ventanas, las máquinas empezaron a utilizar crecientemente la electrónica y los microprocesadores para fabricar series cortas, de manera que los ordenadores se encargaban de reducir los tiempos de reglaje al mínimo.

## **Puertas carpinteras, fabricación**

### **Armado de bastidores**

El bastidor, formado por dos largueros, dos testeros y diversos travesaños intermedios requiere el despiece previo de tableros (aglomerados, de fibras, alistonados, etc.) por medio de una despiezadora. Se trata de un bastidor donde se fija el tablero. Un perfil móvil con un disco de sierra da cortes en las dos direcciones principales.

### **Taladro y colocación de espigas**

Se trata de realizar una serie de orificios que permitan introducir las falsas espigas de ensamblaje del bastidor. Se realiza con un

taladro eléctrico por un número de cabezales móviles variable (de uno a ocho) colocados sobre un bastidor. La broca actúa en horizontal y la pieza se coloca sobre una mesa horizontal de rodillos con un tope en el lado opuesto al ataque de las brocas.

### **Armado de bastidores**

Se introduce un chorro de cola con pistola manual en cada orificio de largueros, testeros y travesaños. A continuación se introduce la falsa espiga y se presentan sobre la mesa de armado para aplicarles presión. Las prensas de armar pueden ser horizontales o inclinadas 70° y la presión la realizan una serie de pistones neumáticos.

### **Mecanizado de los tableros**

Se mecaniza el exterior del bastidor mediante sucesivas pasadas en una tupí o en una doble perfiladora.

### **Colocación de los recercados**

Se encola al bastidor un recercado de madera maciza que sirva de base para fijar los herrajes. Se utiliza para esta operación una prensa de armar que incorpora pistones neumáticos para dar presión al encolado. Cuando el recercado va machihembrado el tiempo de prensado es prácticamente nulo ya que tiene resistencia mecánica suficiente. Cuando el recercado es a tope se utilizan varias mesas de armado montadas sobre un eje horizontal que gira sobre sí mismo.

### **Escuadrado de bastidores**

Se dejan los bastidores en alto y grueso a medidas normalizadas por lo que han de pasar dos veces por la escuadradora. Se emplea una escuadradora doble que consta de dos discos circulares sobre bancada y bastidor. Una bancada es fija y la otra móvil a la distancia deseada.

### **Calibrado de bastidores**

Se lijan los dos paramentos del bastidor y recercado para que el rechapado posterior sea perfecto. Se usan lijadoras de una

o dos bandas lijándose unos o los dos paramentos a la vez.

### **Composición y pegado de la chapa decorativa**

Se forman, a partir de chapas recortadas, determinadas formas que tengan apariencia armónica en cuanto a color, veta, etc. Para ello se utiliza una juntadora de chapa, una mesa sobre la que se componen los distintos trozos que se cosen con hilo de nylon o cola termofusible en la contracara.

Sobre las caras del bastidor se aplica cola mediante rodillos encoladores y se colocan las chapas pasando a una prensa que actúa hasta que fragüe la cola.

### **Colocación de los plafones**

Los plafones, rechapados por ambas caras y recortados a las dimensiones adecuadas, se fijan al bastidor por medio de molduras con pistolas de encolar y clavar. Las molduras encoladas se presanan para fijarse sólidamente al bastidor y al plafón

### **Acabado**

Se eliminan las posibles rebabas de cola y se repasan los ingletes de las molduras a base de herramientas manuales. A continuación se barniza con sucesivas manos: imprimación de base, tapaporos, barniz de acabado, etc.

## Fabricación industrial de ventanas

### **Proceso de fabricación**

#### **Espigado de los perfiles**

Se parte de un perfil cepillado. En el caso de perfiles laminados requiere un proceso especial para obtener el perfil laminado<sup>6</sup>. Se practican rebajes en los extremos de los perfiles para ensamblarlos posteriormente. Debido a la gran precisión requerida se realizan con espigadoras, máquinas que constan básicamente de una banca en la que se fija un eje motriz donde se introducen una serie de fresas de acuerdo a la forma de la espiga a realizar, y de una mesa de trabajo. El perfil es desplazado sobre la mesa perpendicular-

mente al eje motriz. Las espigadoras dobles realizan esta operación simultáneamente en los dos extremos.

#### **Mecanizado o corte del perfil**

Se moldura en toda su longitud la forma correspondiente al perfil de la ventana. Para ello se utiliza una moldurera similar a la cepilladora cuatro caras de una sola pasada o una tupí, dando tantas pasadas como caras del perfil a moldurar.

#### **Encolado de ensambles y armado de bastidores**

Se aplica cola a las espigas, se presentan los perfiles sobre la mesa de armar y se

las tablas aserradas se exponen durante 2-3 meses al aire libre para eliminar las tensiones de la madera y alcanzar una humedad del 20-25%, momento en el que se introduce en secaderos para obtener un 11-12% de humedad ya que un correcto secado es imprescindible en el laminado.

#### **Optimización**

En la nave de producción de laminado, la primera máquina por la que pasan las tablas es la optimizadora, donde se eliminan los nudos o cualquier otro defecto. Se marcan estos desperfectos

<sup>6</sup> El proceso de fabricación del perfil laminado es el siguiente:

#### **Aserrado.**

Se parte del descortezado del tronco y el corte con sierras de banda. Tablillas y tablonos van a la retestadora desde donde se hace una clasificación en 12 tamaños, almacenado y fleje.

#### **Secado**

Antes de comenzar la producción del perfil laminado,

aplica presión para encajar totalmente el ensamble. El bastidor no requiere quedar en prensa porque ya tiene la rigidez suficiente sin esperar a que fragüe la cola. La cola se aplica con brocha o rodillo y la mesa de armar puede ser horizontal o inclinada 70°.

### **Protección superficial de los bastidores**

Se trata de una primera impregnación para proteger la madera durante el tiempo que transcurre desde que se coloca en obra hasta que se barniza o pinta. Si se protegiera en profundidad debería hacerse antes del montaje de los bastidores. Para ello se sumerge el bastidor en una cubeta con protector durante unos segundos y se deja escurrir, (colgados de unos ganchos) durante un tiempo para pasar posteriormente a la zona de secado.

### **Colocación de herrajes de cuelgue**

La colocación de los herrajes debe ser muy precisa para evitar la permeabilidad al aire y asegurar la estanqueidad al agua. En los años 70 aparecieron las primeras taladradoras-colocadoras de pernios que permitían un ajuste rápido. Para colocar los herrajes se utiliza una máquina con varios cabezales móviles que se fijan a determinadas distancias. Se coloca el bastidor dentro de la máquina y sale una broca que realiza el taladro. Se trata de una máquina de control numérico pensada también para producir pequeñas series.

(manualmente o por scanner) que son leídos por una cámara que da la orden de cortar (El scanner supone una reducción del 50% de la mano de obra, una elevación del rendimiento y una optimización mediante dos líneas de corte, siendo el mismo scanner el que distribuye las tablillas hacia uno u otro lado).

De esta primera operación se obtienen unos largos variables, unos óptimos para pasar directamente a la moldurera donde reciben la medida definitiva y ser empalmados entre sí con micro-dentado (finger joint). Así se produce un perfil de calidad mayor ( las dos caras exteriores sin empalmes) y otro de calidad inferior (las dos caras exteriores con empalmes). En ambos casos la tabla central es siempre empalmada.

### **Colocación de herrajes de cierre (fallebas)**

La falleba se coloca siempre manualmente sobre el perfil vertical izquierdo de la hoja derecha desde la mano derecha en el interior. Para ello se introduce el bastidor en una escopleadora/taladradora que realiza la caja de la falleba y el cuadradillo de la manilla. A continuación se fija la falleba con tirafondos.

### **Encolado**

El encolado de los bastidores se realiza sobre mesas con gatos hidráulicos. El contacto se mantiene por medio de clavijas cruciformes. La operación de calibrado permite la rectificación de los cantos de las hojas a las dimensiones precisas y a escuadra y asegura también una mejor estanqueidad.

### **Acabado**

Una de las mayores innovaciones industriales en la industria de la ventana ha sido el poder realizar el acabado en fábrica. A partir de 1950 empezaron a hacerlo algunos fabricantes alemanes, franceses e ingleses íntimamente ligado a la fabricación de unidad completa de hueco de ventana. Lo mismo ocurre con la colocación del vidrio.

### **Evolución de la maquinaria de ventanas**

Las máquinas introdujeron de forma muy rápida la electrónica y los microprocesadores para mejorar la produc-

#### **Encolado y armado**

Una vez formada la tabla, con o sin empalmes, recibe el grueso definitivo, de 24 mm, en una moldurera que aplica el adhesivo automáticamente por un sistema de cortina (cada dos tablas, una no encola) y se montan los sandwich constituidos por tres piezas (la cola es de formulación especial tipo exterior debido a la clase de exposición a que estará sometida la ventana).

Se distribuye el perfil encolado a dos prensas, una en caliente y otra en frío.

Tras el paso por una retestadora automática y por una cepilladora, con capacidad de hasta 60 m/minutos, el perfil acabado se apila y está listo para retractilarse.



tividad y la economía de materias primas, mano de obra y energía.

Se empezaron a diseñar máquinas para la fabricación de series cortas, de manera que los ordenadores se encargasen de reducir los tiempos de reglaje al mínimo.

La automatización revolucionó la manera de trabajar la carpintería.

Los paneles de mando de control numérico, copiados de la maquinaria para trabajar metales, permitían programar la máquina y los tiempos de reglaje y se eliminaban pausas improductivas.

La fabricación pasó a una precisión en torno a 0,2 mm controlada por calibres en los contra-perfiles. Esta precisión era primordial para obtener la estanqueidad de los ensamblados, juntas o encolado de los ensamblados sin rechazo de cola.

### **Centros de control numérico**

En 1979 se presentó por primera vez una máquina compacta para la fabricación de ventanas, con husillos ordenados. Estas unidades garantizaban en las piezas una calidad de superficie tal, que hacía innecesario el lijado posterior. Cuatro usillos verticales controlados por un programa permitían la producción de diversos perfiles en las cuatro caras, sin el cambio de herramientas, que requería tanto tiempo anteriormente. El programa seleccionaba el útil adecuado y los movimientos de las cabezas.

Gracias a estas nuevas máquinas de control numérico (CNC) se empezó a trabajar bajo pedido y 'just in time' para pequeñas series con un tiempo de fabricación muy reducido.

Las nuevas máquinas cuadrilaterales compactas de los años 90, con gran flexibilidad de medidas y formas, presentan ya dimensiones muy pequeñas, insonorización y bajo precio.

### **Cadenas de fabricación**

Las cadenas de fabricación están compuestas de máquinas derivadas de las clásicas pero relacionadas entre sí median-

te sistemas informáticos, de manera que, en tiempos muy cortos, permiten realizar sucesivamente, en la misma cadena, las distintas piezas. De esta forma se pueden hacer series pequeñas sin pérdida de productividad.

Las máquinas están construidas por distintos fabricantes, y se unen para el desarrollo de la línea: de esta manera, según las necesidades de cada fabricante de la cadena, así se dirige la investigación. En función del programa de trabajo, un ordenador va seleccionando las herramientas, el posicionamiento exacto en función de la herramienta (cada eje puede admitir distintos útiles) y su movimiento.

Otra de las operaciones donde más ha incidido la electrónica ha sido en las máquinas copadoras que trabajan sobre piezas ya realizadas.

También, debido a los precios cada vez más altos de la materia prima los fabricantes se han visto obligados a optimizar los cortes en la madera (teniendo en cuenta los defectos, coloraciones, nudos, fendas, etc. que se detectan inmediatamente para su eliminación). Al principio esto afectaba a los tableros, pero ahora también se aplica a la madera maciza.

### **Las nuevas tupís**

Otra gran revolución se produjo en las fresas. Antes era necesario tener muchas piezas de hierro con bocas distintas mientras ahora se simplifica el trabajo con pastillas y complementos.

Las fresas son de plaquitas soldadas o cabezales especialmente diseñados para ventanas.

Las tupís son de ejes programados; ejes largos en donde caben varios perfiles y terminan el trabajo totalmente sin necesidad de grandes cambios de herramienta como tradicionalmente se tenía que hacer. Cada herramienta está situada en un eje y hace su perfil de forma automatizada.

En función de la madera, la herramienta tiene una forma determinada, unos ángulos distintos y un determinado metal

duro. Cada máquina está pensada para un trabajo específico. De hecho las fresas pueden destinarse tanto a tupís como a moldureras.

Las cuchillas de las fresas no se afilan, se cambian para no perder diámetro y perfil. Se colocan y extraen simplemente, en unos pocos segundos sin actuar sobre la máquina.

Mientras en el sistema tradicional de mecanizados se realizaban un sin fin de operaciones, en el actual se simplifican extraordinariamente<sup>7</sup> - Para hacer el mantenimiento girar o cambiar las cuchillas de metal duro sin necesidad de reajustar los diámetros.

Las fresas son muy caras (pueden valer de 2 millones a 29, estas últimas con centenas de herramientas) aunque para fabricar ventanas basta con unas veinticinco herramientas, cuyo coste puede oscilar entre 700.000 y 1.200.000 pta.

Pero también se empiezan a comercializar prototipos, máquinas diseñadas especialmente.

### **Gestión informatizada del taller de ventanas**

Las carpintería medianas y grandes han iniciado desde hace años la informatización de la producción y de la

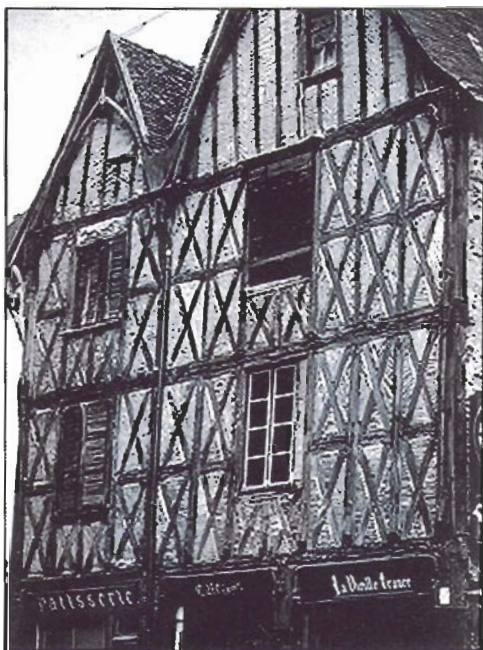
gestión. Existen para ello en el mercado diversos programas. Unos son de modalidad abierta, es decir, con acceso libre a todas las funciones, y otros parcialmente cerrados, para garantizar que su uso quede limitado a determinados operarios, gestionan la parte administrativa (proveedores, presupuestos, pedidos, albaranes, facturación, compras, cálculo del material necesario, cobros y pagos, certificación de obras), producción (asistente de producción, pedidos, stock, hojas de taller, control de maquinaria, gestión de acabados, conexión y optimización del corte, almacén) y control de costes (mano de obra, estadísticas, precios de suministradores, presupuestos de los clientes). Además presentan visualmente el diseño del cerramiento. Este último aspecto es muy importante especialmente si se trata de un sistema CAD, ya que existe la errónea creencia de que los sistemas CAD son sólo para expertos con programas de diseño llenos de complejos sistemas de coordenadas, operaciones geométricas, etc. Dado que la geometría de las ventanas ofrece pocas sorpresas, lo importante es que el programa tenga un buen catálogo de formas, deje hacer curvas, sea escalable, permita sistemas modulares, etc. Algunos se pueden utilizar desde Internet.

<sup>7</sup>Sistema antiguo

- Preparar las herramientas, reunir las fresas, poner el grupo en el eje, buscar los anillos y montar en el eje
- Tantear la altura del eje respecto a la mesa
- Probar en trozos de madera o comprobar
- Tantear la posición de la guía y del carro con correcciones en cada caso
- Comprobar el trabajo, medir cada primera pieza y corregir si no era correcta, comprobar el ensamble y ajuste en cada contra-moldura, comprobar franquicias entre el marco y las hojas, ajustar las hojas en el marco
- Lijar la parte interna

- Mantener y afilar las fresas
  - Ajustar en medidas según el estado de la herramienta y la profesionalidad del operario
- Sistema actual
- Preparar las herramientas poniendo el grupo en el eje
  - Tantear la altura del eje respecto a la mesa: posicionar el calibre una sola vez
  - Tantear la posición de la guía y del carro posicionando con el calibre una sola vez la guía y el carro
  - No hay que hacer comprobaciones
  - No hay que lijar

# Protección y acabado de la carpintería al exterior



Las ventanas y las puertas de exterior, y en menor medida los aleros, soportales y otros elementos arquitectónicos, son los elementos de carpintería más expuestos a las inclemencias climatológicas.

La madera, como otros tejidos orgánicos, se oxida y envejece ante la acción directa del sol, especialmente agresiva en bajas latitudes, como en España.

De la misma forma que la piel se protege con sombreros o cremas solares, los muebles y las tapicerías con cortinas y visillos, las ventanas y puertas se protegen con parasoles, porches y voladizos, y todavía mejor, con una orientación adecuada.

Ramón y Cajal explica con claridad y amenidad este fenómeno tan importante, en su libro 'El mundo visto a los ochenta años'. Un texto largo que, por su interés, nos permitimos reproducir a continuación.

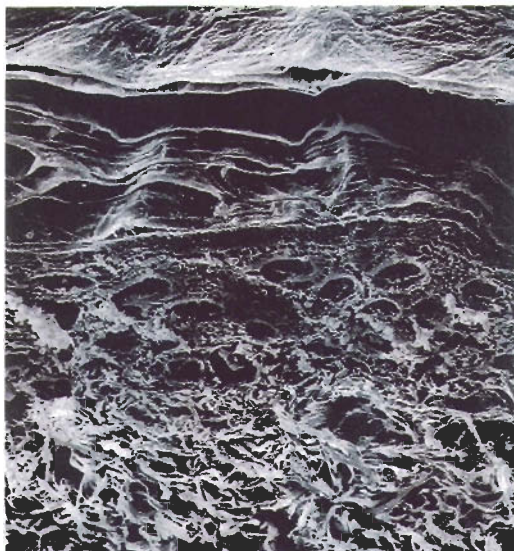
## *Inconvenientes del aire libre y el abuso de la luz solar*

*Y aquí deseo salir al paso de una costumbre actual aconsejada por los médicos y pedagogos, de que son víctimas muchas candorosas jovencitas. Aludo a la exposición al sol directo, al frío y al aire libre. (El desnudismo o nudismo ha hecho todavía pocos adeptos entre nosotros.) Estas dóciles adolescentes, víctimas de la moda, debieran recordar el viejo refrán, repetido por Quevedo de que cenas, penas y soles son las tres cosas a cuyo cargo está despachar de esta vida para la otra.*

*Nuestros higienistas, inspirados sin duda en sabias autoridades extranjeras, parecen haber olvidado algunas verdades triviales: Que casi todos los españoles vivimos entre el paralelo*

*38 y 42, y que la mayor parte del suelo patrio se alza en meseta elevada, casi anhidra, donde alterna un sol africano con un frío glacial; muy al revés de lo ocurrido en el Norte de Europa, donde el astro rey es pálido (cuando aparece, cosa rara), las tierras son bajas, verdes y mojadas y la atmósfera, aun en los escasos días claros, muéstrase velada por neblina suspendida a ras de tierra, moldeadora de la acción nefasta de los rayos de onda breve y eliminadora de los terribles rayos ultravioleta. La crudeza y acción deletérea de nuestro sol implacable, rico en tales ondulaciones invisibles, se acusa con indelebles efectos en nuestros míseros aldeanos, menos robustos y altos que los habitantes de los nebulosos países hiperbóreos. Vedlos enjutos y cenceños, encorvados sobre la tierra estéril*





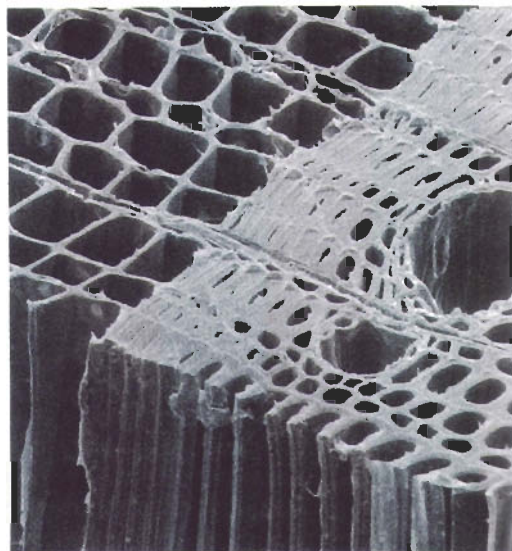
**Corte microscópico de la zona exterior de la piel humana**

*reflectora de una ola de fuego: notad sus prematuras arrugas frontales y labiales, sus manos sarmentosas y brazos musculosos, pero amojamados por ausencia de panículo adiposo. A los treinta años parecen viejos de cincuenta.*

*¿Y quién no se ha impresionado ante la tragedia estética de las infelices aldeanas? Apenas se encontrará alguna, entre las innumerables mozas que comparten con padres y maridos las faenas agrícolas, cuya faz esté libre de las inequívocas señales de vejez prematura. Sólo las hijas de campesinos pudientes o las muchachas entregadas por*

En la madera esta acción letal del sol - y más en combinación con la lluvia- ha sido conocida por los carpinteros desde siempre y se han buscado orientaciones adecuadas, se han ingeniado protecciones arquitectónicas y se han empleado determinados productos químicos gracias a los cuales tantas carpinterías de madera se han conservado perfectamente durante siglos, no ya en países septentrionales sino también en zonas muy soleadas como España o el Norte de África.

<sup>1</sup>El mundo visto a los ochenta años. Santiago Ramón y Cajal, 1932

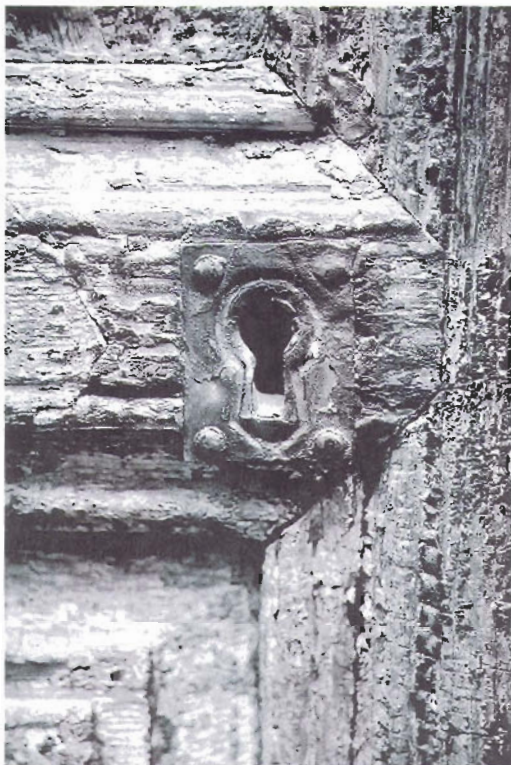


**Corte anatómico de una conífera (pino Silvestre)**

*necesidad a las faenas domésticas y al cuidado de los rapaces quedan indemnes de los efectos corrosivos de los implacables rayos solares y de los estragos del aire libre. Semejante bronceamiento de la tez y de sus arrugas precoces se acentúa en las pastoras de nuestras cordilleras, en donde bajo implacable cielo añil soportan los dardos de un sol inclemente.*

*En cambio en la dulce Francia, sobre todo en el Norte, o en la alegre Inglaterra, las aldeanas, exentas de dichas causas perturbadoras, conservan durante mucho tiempo el cutis liso, translúcido y sonrosado<sup>1</sup>.*

Cuando esto no se ha cuidado, los acabados se cuarteán y agrietan y las maderas se agrisan y fendan rápidamente. Además nuestros antepasados sabían aprovechar la durabilidad natural de la madera: sólo se utilizaba madera de duramen (impregnada de forma natural de sustancias protectoras) y se desechaba la albura (más fácilmente atacable). Ahora el precio y la escasez de determinadas maderas hace esto imposible si bien la albura es precisamente la parte más fácilmente impregnable y, por lo tanto, protegible.



#### **Degradación del acabado de una carpintería exterior**

Es necesario, por tanto un conjunto de medidas de diseño y químicas para proteger la carpintería al exterior. Y es éste precisamente el problema principal para la carpintería de madera de cara a los usuarios: el fantasma del mantenimiento y la conservación.

El problema empezó a preocupar a los industriales a principios de los años 70 y afectó sobre todo a las ventanas ya que la puerta es un elemento muy puntual al exterior. Hasta ese momento los países más desarrollados colocaban altos porcentajes de carpintería exterior de madera (entre un 60 y un 70%). Con la aparición de nuevos materiales (aluminio y PVC principalmente) que requerían menos mantenimiento, esta cuota disminuyó alarmantemente. Por este motivo los fabricantes empezaron a proteger y a acabar las carpinterías de manera industrial y a intentar ofrecer la garantía decenal del acabado.



#### **Parasol vertical que protege del sol de Poniente**

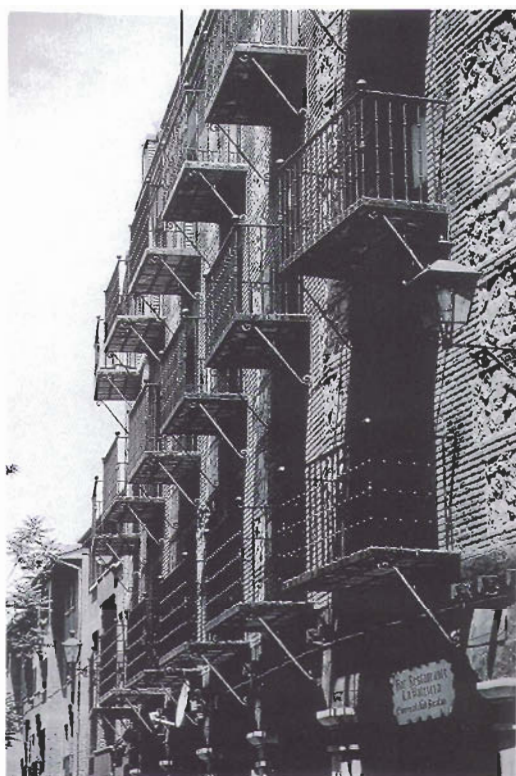
#### **Inclemencias atmosféricas**

Para proteger la madera en primer lugar hay que huir de la influencia directa del sol (especialmente en mediodía y poniente) y de la lluvia, con voladizos, aleros, viseras, retranqueos, patios y elementos interpuestos (otras edificaciones, setos, árboles, etc.) Esto no se sabe o se olvida, pero en cualquier caso ¿es siempre posible de aplicar? Ciertamente el proyectista se encuentra muchas veces con limitaciones de entorno y programa insalvables para aplicar estas soluciones tradicionales. ¿qué hacer entonces? Acudir a productos químicos y asumir un mantenimiento periódico.

#### **Ataques por hongos e insectos**

Pocas, por no decir ninguna, sustancias de origen vegetal o animal escapa del ataque de microorganismos y otros depredadores (roedores, insectos, etc). En el primer caso, fundamentalmente se





Ventana y postigos con más de 400 años con un envejecimiento y curado natural de la madera

trata de hongos que actúan sobre alimentos, tejidos y productos en determinadas condiciones de humedad alta y estanqueidad. Atacan los tejidos que no se protegen con productos esterilizantes y los alimentos que no se congelan, se curan o se salan. Los hongos florecen al

Los balcones y la colocación a haces interiores protege la carpintería

menor descuido en paredes húmedas, bolsas cerradas, botes de pintura, aguas estancadas, etc.

La madera es también susceptible de ser atacada en esas mismas condiciones y por ello han de guardarse ciertas condiciones de aplicación y protección preventiva.

La historia de la construcción y la experiencia han propiciado el desarrollo de productos eficaces en este campo.

**Protección y acabado**

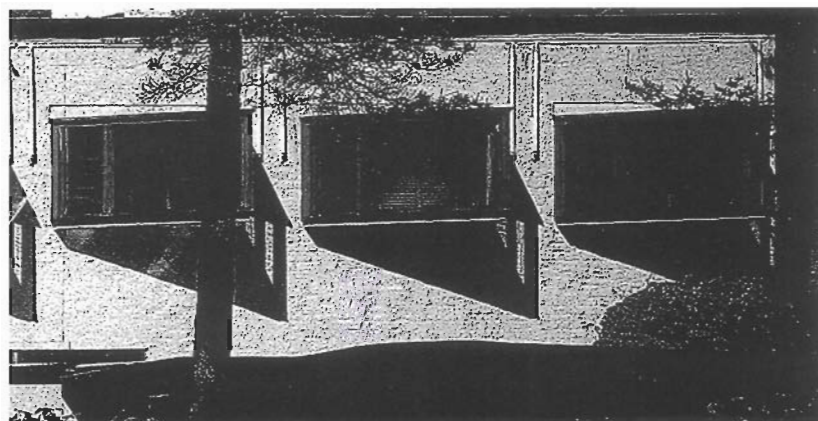
Hay que distinguir entre protección y acabado, algo que no es frecuente en el mercado. La protección tiene fines defensivos y el acabado, decorativos. Aunque el acabado realza la natural apariencia de la madera y puede proteger parcialmente frente a los agentes exteriores.

También hay que distinguir entre los elemento de carpintería de madera



Contraventanas que actúan como parasoles

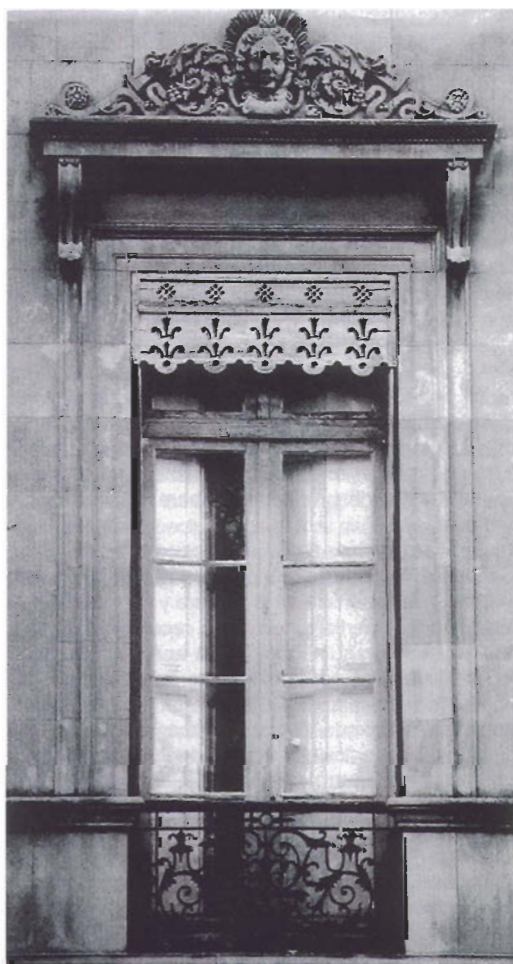
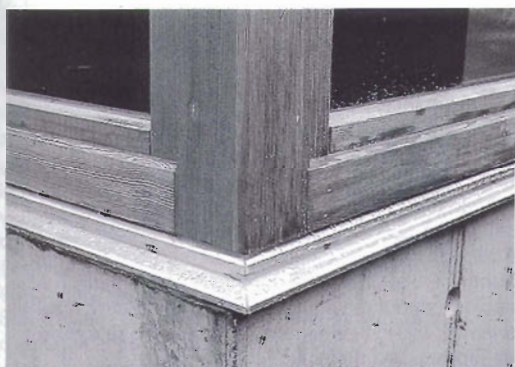
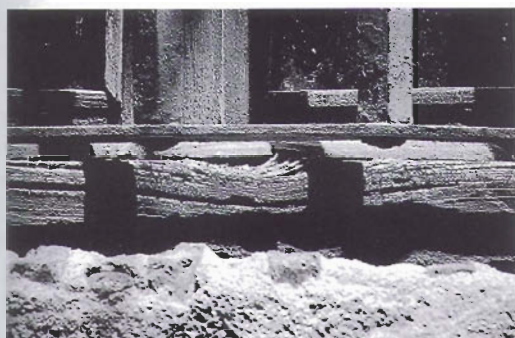




Tres ejemplos de peanas y su protección

Las ventanas de Villa Mairea (Alvar Aalto, 1939) están orientadas al Este. Por lo tanto tienen una exposición solar suave

Visera de madera que protege de la lluvia oblicua



situados en ambientes interiores y exteriores. En interiores primará el acabado y en exteriores será más importante la protección que el acabado.

La durabilidad de los productos de acabado en interior se ve afectada casi exclusivamente por el paso del tiempo mientras que los de exterior se ve afecta-

da además por la acción de los agentes atmosféricos<sup>2</sup>. El comportamiento de estos productos y de la protección que comunican dependen tanto del tipo de producto (resinas y pigmentos) como del método de aplicación (pincelado, pulverización, inmersión y técnicas de vacío - vacío).

---

<sup>2</sup> Los principales agentes atmosféricos son el sol y la lluvia, que actúan sobre la superficie de la madera colocada al exterior y/o sobre la protección superficial de ésta son:

#### *La acción del sol*

La radiación solar actúa principalmente a través de los rayos ultravioletas y de los rayos infrarrojos. Los rayos ultravioletas no penetran profundamente en la madera y su acción se centra en la superficie. En la madera desnuda provoca que se pierda cohesión entre las fibras, por lo que es relativamente fácil que se desprenda o deshilache parte de la superficie, y que tome un color grisáceo. Cuando la madera incorpora una protección superficial, los rayos ultravioletas degradan progresivamente las resinas de los productos de acabado, sobre todo aquellos que no están protegidos por los pigmentos. Los pigmentos actúan como un escudo o espejo, en los cuales se reflejan estos rayos e impiden que actúen sobre la resina del producto y/o sobre la superficie de la madera.

Los rayos infrarrojos tienen una acción indirecta sobre la madera desnuda ya que provocan la aparición de fendas en la superficie de la madera y la subida de resinas a la superficie, debido al recalentamiento que produce en su superficie. La aparición de fendas se origina por la diferencia del contenido de humedad entre la superficie y el interior de la pieza de madera. Cuando la madera incorpora una protección superficial, la acción del calor, originada por los rayos infrarrojos, acelera el envejecimiento de la resina del producto. En el caso de los barnices, al ser éstos transparentes, los rayos infrarrojos llegan a la superficie de la madera muy fácilmente y producen los efectos mencionados anteriormente (aparición de fendas). En el caso de las pinturas y de los lasures su acción se ve



mitigada por la presencia de los pigmentos, que actúan como un escudo protector. Su acción es muy perjudicial porque tarde o temprano van a provocar la aparición de las fendas y a pesar de la flexibilidad del revestimiento éste no puede resistir a una fenda y se acabará rompiendo.

#### *La acción de la lluvia*

La acción de la lluvia sobre la madera desnuda produce un efecto parecido pero inverso al que originan los rayos infrarrojos. La lluvia provoca que aumente el contenido de humedad de la superficie de la madera que conduce a la aparición de fendas. Cuando la madera incorpora una protección superficial, esta resistirá durante bastante tiempo a la acción exterior del agua hasta que el agua no alcanza a la madera, lo que se producirá cuando se rompa o desaparezca la protección superficial.



# Protección de la madera

## Introducción

Una vez elegida la especie de madera a utilizar y conocidas su durabilidad natural y su impregnabilidad, la protección preventiva de la madera incluye tanto la protección química como la correcta instalación del elemento de madera.

La protección química consiste en introducir la cantidad de producto protector necesaria en función de las degradaciones o riesgos a que pueda estar sometida (lo que en las normas se denomina 'clases de riesgo'). La correcta instalación del elemento de madera se traduce en la realización o ejecución de unas determinadas medidas arquitectónicas y detalles constructivos que aminoren o eviten esas posibles degradaciones. En definitiva están destinadas a evitar un aumento peligroso del contenido de humedad de la madera y a evitar la acción directa del

sol y de la lluvia. Estas medidas no son directamente efectivas contra los insectos xilófagos, pero sí contra los hongos xilófagos, las termitas y las inclemencias atmosféricas.

## Clases de riesgo

Las clases de riesgo intentan valorar de forma normalizada (por tanto convencional) el riesgo de ataque del elemento de madera ante los agentes xilófagos dependiendo del lugar donde se instala<sup>3</sup>.

Una vez definida la clase de riesgo, esas normas proponen un tratamiento químico de la madera. Ver páginas 411-412

Para determinar las clases de riesgo se deben considerar la durabilidad natural de la madera y las soluciones constructivas frente a la humedad y las inclemencias atmosféricas.

La durabilidad natural de la madera (dato

<sup>3</sup>Las clases de riesgo que afectan a la carpintería de madera son las siguientes son las siguientes:

**- Clase de riesgo 1:** Carpintería de madera situada en interiores

Situación en la cual el componente está bajo cubierta, completamente protegido de la intemperie y no expuesto a la humedad. La madera y sus productos derivados alcanzan contenidos de humedad inferiores al 18 %.

No hay riesgo de ataque por hongos y en cuanto a los ataques por insectos.

Ocasionalmente puede ser atacada por termitas (solamente los elementos fijos (cercos), los elementos móviles (hojas de puertas o ventanas) no son atacados) y coleópteros (dependiendo de la ubicación geográfica).

**- Clase de riesgo 3:** Carpintería de madera situada al exterior

nota: Las clasificaciones no son siempre perfectas y debido a la cantidad de utilizaciones que puede tener la madera, existirán situaciones en que se solapen varias clases de riesgo; en especial la frontera entre la clase de riesgo 2 (humidificación ocasional) y la 3 (humidificación frecuente) es muy amplia, en estos caso se escogerá la más desfavorable.

Situación en la que el componente se encuentra a descubierto pero no en contacto con el suelo. El componente puede estar permanentemente expuesto

a la intemperie, pero en cualquier caso está sometida a una humidificación frecuente. La madera y sus productos derivados alcanzan contenidos de humedad superiores al 20 %, con alternancias relativamente rápidas en sus valores al existir periodos de humectación y de sequedad.

En estas circunstancias el elemento de madera puede alcanzar y sobrepasar frecuentemente un contenido de humedad superior al 20 %. El riesgo de ataque de hongos cromógenos o de pudrición está más marcado que en las clases de riesgo 1 y 2. El riesgo de ataque por insectos xilófagos es similar al de la clase 1 dependiendo del contenido de humedad que alcance la madera.

Las clases de riesgo de riesgo están definidas en las siguientes normas:

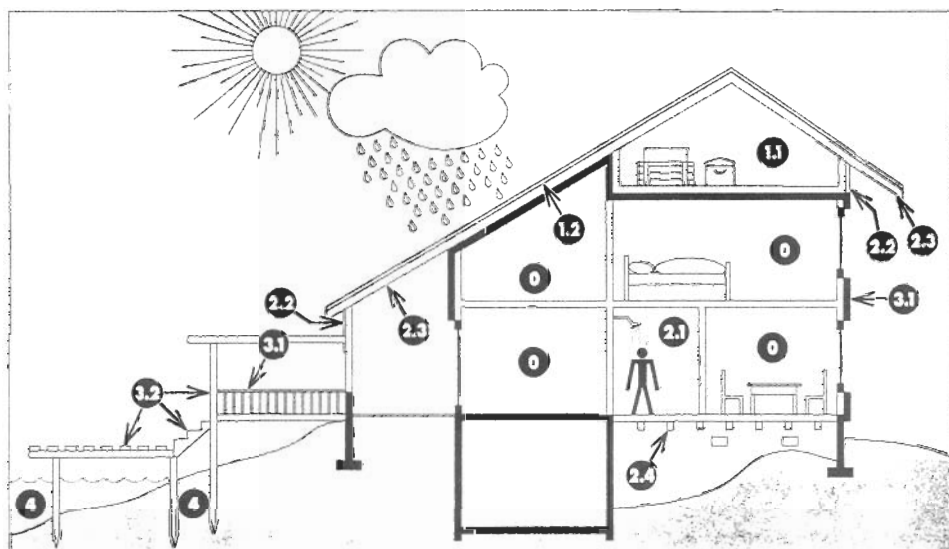
UNE EN 335-1 Durabilidad de la madera y de sus materiales derivados. Definición de las clases de riesgo de ataque biológico. Parte 1: Generalidades.  
UNE EN 335-2 Durabilidad de la madera y de sus materiales derivados. Definición de las clases de riesgo de ataque biológico. Parte 2: Aplicación para madera maciza.

UNE EN 335-3 Durabilidad de la madera y de sus materiales derivados. Definición de las clases de riesgo de ataque biológico. Parte 3: Aplicación a los tableros derivados de la madera. Generalidades.



Tabla resumen de las clases de riesgo

CLASE DE RIESGO	SITUACIÓN	EXPOSICIÓN A LA INTEMPERIE	CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MADERA
1	Cubierto y sin contacto con el suelo	Permanente y seco	máxima 18-20%
2	Cubierto y sin contacto con el suelo, con riesgo ocasionales de humedades	Humectaciones ocasionales	en alguna ocasión > 20%
3	Al exterior no cubierto y sin contacto con el suelo	Humectaciones frecuentes	frecuentemente > 20%
4	En contacto con el suelo o con agua dulce	Humectaciones permanentes	permanentemente > 20%
5	En contacto con agua salada	Humectaciones permanentes	permanentemente > 20%



fácilmente localizable en la amplia bibliografía existente) permitirá definir un método de tratamiento y un producto protector o bien dejarla sin tratamiento, caso de especies de madera con buena durabilidad natural.

### **Protectores de la madera contra agentes xilófagos**

Los protectores de la madera están compuestos principalmente por

- materias activas
- productos fijadores y
- solventes.

Las *materias* o los principios activos tienen propiedades insecticidas y/o fungidas y se *fijan* en la madera por medio de los productos especiales, ambos introducidos en el interior de la madera a través del *solvente* que actúa como vehículo.

Las principales características de estos protectores son las siguientes:

- poseer propiedades fungicidas y/o insecticidas respecto a los organismos xilófagos.
- mantener su eficacia protectora a lo largo del tiempo, según las condiciones de exposición de la madera tratada.
- ser de fácil introducción en la madera.
- no alterar las propiedades de la madera para el uso a que vaya a ser destinado.

Además de estas características principales, hay otras que dependen del uso final:

- olor y color de la madera tratada.
- corrosión para los metales.
- degradación de los plásticos.
- compatibilidad con las colas.
- migraciones a los materiales o productos porosos en contacto con ella.
- toxicidad para el hombre, animales domésticos o plantas.
- aumento de la inflamabilidad de la madera.

La eficacia de un producto se comprueba mediante "ensayos de eficacia". El umbral mínimo de eficacia es la dosis a partir de la cual el producto elimina o frena el desarrollo del agente xilófago.<sup>4</sup>

### **Clasificación de los protectores**

Los productos protectores se clasifican por su composición química (es decir, materias activas, solventes y productos fijadores) en:

- protectores hidrosolubles
- protectores hidrodispersables (emulsiones)
- protectores en disolvente orgánico
- protectores mixtos
- protectores orgánicos naturales.

La tendencia actual es utilizar productos "naturales", con materias sin ninguna modificación química. A pesar de su buena imagen todavía no se dispone de información fiable sobre la mayoría de ellos en cuanto a su eficacia y viabilidad.

### **Protectores hidrosolubles**

Los protectores hidrosolubles son mezclas de sales minerales en solución acuosa a una concentración determinada.

Los principios activos fungicidas y/o insecticidas son sales minerales, productos fijadores, sales minerales con propiedades fijadoras y solvente y agua.

Las sales más utilizadas son las CCB (Cromo, Cobre y Boro), las CFK (Cromo, Fluor y Cobre), CCA (Cromo, Cobre y Arsénico) y sales CX (Cobre HDO y Boro).<sup>5</sup>

Se aplican normalmente sobre madera seca (con un contenido de humedad inferior al 28%) mediante técnicas de vacío - presión (autoclave). Sin embargo la humedecen durante el tratamiento, por lo que requieren un secado posterior para

<sup>4</sup>Normalmente el informe de la eficacia del producto junto con el informe de sanidad, relativo a las recomendaciones durante su utilización o a los posibles problemas que pueden surgir de su incorrecta manipulación, y su composición química se recogen en el documento "Registro Oficial de

Productos Fitosanitarios". Además la etiqueta del productos debe recoger estos aspectos, técnicos y sanitarios, junto con la composición química.

<sup>5</sup>Las presiones ambientalistas están provocando la mejora de los compuestos y la sustitución de algunos de ellos.

que se evapore el agua y terminen de fijarse las sales. Durante este secado, y dependiendo de la especie de madera utilizada, se pueden producir fendas y deformaciones.

Normalmente estas sales no se utilizan para la protección de carpintería exterior (ventanas y puertas) ya que la madera presenta una coloración verde, producto de la oxidación del Cobre. Algunos productos hidrosolubles incorporan pigmentos, adquiriendo la madera tonalidades marrones, grises, etc., que hacen innecesario un acabado posterior.

### **Protectores en disolvente orgánico**

Son productos, listos para su empleo, constituidos por formulaciones complejas cuyos *principios* activos son compuestos orgánicos de síntesis, los productos *fijadores* son resinas y los *solventes* son orgánicos, hidrocarburos alifáticos derivados del petróleo.

Los principios activos evolucionan con mucha rapidez por lo que no resulta fácil enumerarlos aunque son cada vez más eficaces y respetuosos con el medio ambiente. Atendiendo a las propiedades *biocidas* de sus principios activos estos productos se clasifican en fungicidas y/o insecticidas.

Se comercializan en forma líquida. Cuando el disolvente se ha evaporado por completo, la madera queda con un aspecto limpio, sin cambios de color, dispuesta para recibir cualquier tipo de acabado.

Estos protectores no manchan los materiales con los que está en contacto, no son corrosivos y la madera no ve aumentada su inflamabilidad.

Entre los protectores al disolvente orgánico están los protectores repelentes al agua y los protectores decorativos (lasures), de los que se habla en los productos de acabado. Se aplican sobre madera seca (el contenido de humedad máximo permitido es del 28%).

Son los más utilizados en carpintería

exterior pero empiezan a estar cuestionados por el tipo de solvente que utilizan y que exige a las empresas de tratamiento disponer de los medios adecuados para recuperar esos solventes. Actualmente se están creando nuevos productos que sustituyen los disolventes orgánicos por agua.

### **Protectores hidrodispersables (emulsiones)**

Se les podría considerar como productos intermedios entre los protectores hidrosolubles y los protectores en disolvente orgánico; con los primeros tienen en común el vehículo para ser introducidos en la madera y con los segundos los principios activos. A sus principios activos, no solubles en agua, se les añade un emulgente para producir una buena dispersión en agua. Los *principios activos* son compuestos orgánicos. Las emulsiones pueden ser más o menos finas en función del tamaño de los polvos utilizados, pero en la protección de la madera se suelen utilizar microemulsiones muy finas.

Atendiendo a las propiedades biocidas de sus principios activos pueden tener propiedades fungicidas y/o insecticidas. La *fijación* de las materias activas se realiza a través de la resina.

Sí se utilizan en carpintería exterior y tienen un gran futuro de cara a las nuevas exigencias medioambientales al utilizar como vehículo el agua. La madera tratada con protectores hidrodispersables no suele cambiar de color, admite un acabado posterior, es compatible con la mayoría de los adhesivos, no es corrosiva para los metales ni para los plásticos, no ve aumentada su inflamabilidad y no mancha los materiales con los que está en contacto.

### **Productos mixtos**

Recientemente han aparecido en el mercado productos cuyos principios activos mezclan sales minerales (de cobre y de boro) con productos de síntesis.



Todavía no se dispone de mucha información sobre ellos porque se está comprobando su eficacia, pero demuestran la continua evolución y mejora de la protección de la madera.

### Protectores orgánicos naturales

Los más conocidos son las creosotas que se obtienen de la destilación del alquitrán de hulla o de la pirólisis del petróleo. La madera tratada adquiere un color oscuro y no se puede barnizar o pintar, tiene un olor picante característico, produce daños en la piel y tiene efectos nocivos para el hombre. Su utilizan casi exclusivamente en el tratamiento de traviesas y de postes desaconsejándose en carpintería de madera.

### Otros procedimientos

Un sistema de protección interesante es la introducción de barritas de óxido bórico que se diluyen cuando la humedad de la madera se eleva. Los iones de boro y flúor se difunden por la madera. Estas barritas podrían utilizarse en las ventanas de madera. Se colocarían en taladros hechos en fábrica situados en la zona de riesgo de humedad. Si la humedad permanece constante, el óxido bórico no se descompondrá.

La utilización de productos repelentes al agua es también beneficiosa para cualquier sistema de impregnación, pues reduce considerablemente el tiempo en que la madera puede sufrir ataques de hongos. Se suelen utilizar compuestos de parafina al 0,5% y resina alquílica al 10%.<sup>6</sup> Hay que resaltar que no hay relación lineal entre las absorciones de protector y la reducción de la humedad. Tampoco se sabe con certeza la posible reducción de su eficacia al añadirle el producto repelente al agua.

Nunca se recomienda aplicar un tratamiento protector a los perfiles de las ventanas con la junta de estanqueidad incorporada, si esta no lleva alguna película de seguridad fácilmente eliminable (capa autoadhesiva), perderá en buena parte sus condiciones elásticas por adherencia de restos del barniz, pintura, etc. que se emplea en el acabado.

### Productos hidrófobos

Los productos hidrófobos normalmente utilizados como aditivos en los recubrimientos son las ceras naturales (abejas y carmauba), naturales modificadas (aminas y castor) y sintéticas, (propileno y polietileno), las más empleadas.

La nueva generación de productos hidrófobos<sup>7</sup> son productos no filmógenos que ofrecen protección hidrofugante con efecto perlante sin formar capas.

### Sistemas de tratamiento

Los métodos de tratamiento persiguen rellenar de forma artificial las paredes y el interior de las células de la madera, fijando el protector a través de reacciones químicas. La penetración especificada se consigue introduciendo una cantidad determinada de producto en un volumen de madera concreto. Ésta depende de la especie de madera (su impregnabilidad), la calidad del protector y el método de tratamiento; los protectores no resultan eficaces si no se utiliza el método de tratamiento adecuado.

El tratamiento se realiza siempre después del mecanizado de las piezas (perfilados, taladros, cajeados, etc.) para no desperdiciar producto protector, que de otra manera se eliminaría después. En caso de errores es necesario volver a proteger las

<sup>6</sup> Así, para una ventana de madera tratada con un producto fungicida por inmersión durante 3 minutos, permanece el 71% de los 8 años por encima del 22% de humedad, mientras que si esa misma ventana se trata por inmersión durante 8 minutos con el mismo producto más un repelente al agua, se logra rebajar el tiempo al 31% según experiencias del laboratorio

británico BRE realizados a finales de los años 80.

<sup>7</sup> Son a base de estearatos, alcalonamina y zirconio, que proporcionan una hidrofugación duradera por su reacción con los radicales libres de la madera. Son impregnantes y reaccionan directamente con los radicales libres de la madera; se presentan en base acuosa

zonas mecanizadas mediante pincelado. Existen dos sistemas para tratar la madera: de forma pasiva y de forma activa.

El tratamiento *pasivo* está basado en la capacidad natural de la madera para introducir el protector. Con este sistema la cantidad de producto absorbido por la madera es irregular y no controlable: son el pincelado, la pulverización y la inmersión breve.

El tratamiento *activo* se basa en métodos artificiales (técnicas de vacío-presión). La cantidad de producto absorbida por la madera se puede controlar y se realiza por medio de autoclaves.

Se detallan a continuación los diversos tratamientos.

### Pincelado

El tratamiento, generalmente en disolvente orgánico o disuelto en agua, se aplica mediante pincel, brocha o rodillo. Se consigue una protección superficial contra la acción de agentes bióticos y contra la fotodegradación. Se requiere que la madera esté seca, con contenido de humedad inferior al 18%.

### Pulverización

El tratamiento, generalmente en disolvente orgánico, se aplica a la superficie de madera con un pulverizador manual o mecánico. Se consigue una protección superficial contra agentes bióticos y fotodegradación. La pulverización es más eficaz que el pincelado, ya que en términos generales una pulverización equivale a 3 manos de pincelado.

Para realizar este tratamiento el contenido de humedad de la madera puede ser:

- inferior al 18% (25%), cuando se utilizan productos de protección superficial en disolventes orgánicos o acuosos.
- superior al 28%, cuando se quiere proteger la madera recién aserrada contra la aparición de hongos cromógenos y mohos, empleándose para ello productos hidrosolubles o hidrodispersables.



### Inmersión breve

Tratamiento consistente en sumergir totalmente la madera en un protector hidrosoluble, con disolvente orgánico o hidrodispersable, durante un período de tiempo que va desde algunos segundos - de 10 a 20- hasta 10 minutos), dependiendo de la especie, de las dimensiones de la madera y del tipo de protector utilizado. El protector se introduce en la madera por capilaridad desde la superficie hacia el interior. Se consigue una protección superficial contra agentes bióticos y fotodegradación.

Para realizar este tratamiento el contenido de humedad de la madera puede ser:

- inferior al 18% (25%), cuando se utilizan productos para la protección superficial de la madera con productos en disolventes orgánicos o acuosos.
- superior al 28%, cuando se quiere proteger la madera recién aserrada contra la aparición de hongos cromógenos y mohos empleándose productos hidrosolubles o hidrodispersables.

**Inmersión prolongada**

El tratamiento consiste en sumergir totalmente la madera en un protector hidrosoluble o en disolvente orgánico, durante un período de tiempo superior a 10 minutos dependiendo del grado de protección, de la especie de madera, de las dimensiones de las piezas, del contenido de humedad y del tipo de protector utilizado. Se consigue una protección media contra agentes bióticos y determinados agentes atmosféricos.

Para realizar este tratamiento se requiere que la madera esté seca, con contenido de humedad inferior al 18% (25%).

**Tratamientos a base de presión**

El tratamiento consiste en hacer penetrar el protector en la madera de manera forzada aplicando presión en un autoclave (cilindro metálico cerrado). Se realiza sobre madera seca (< 25%). Se consigue una protección profunda y se pueden utilizar todo tipo de protectores. Los distintos sistemas vienen definidos por la duración e intensidad de las presiones y vacíos aplicados, que a su vez dependen de la resistencia a la impregnación que presente la especie de madera, el grado de protección requerida y del tipo de protector utilizado. Dependiendo de las distribuciones del protector en el interior de la madera se diferencian los siguientes sistemas:

**Sistema de célula llena**

Su objetivo es conseguir la máxima

retención del protector en la madera tratada, impregnando la mayor parte posible de la pared celular y rellenando los vacíos celulares (lumen de las células) con el protector. El tratamiento consta de las siguientes fases:

- vacío previo, para extraer parte del aire de la madera.
- inyección del protector a presión, que ocupará el lugar del aire extraído.
- vacío final para regular la cantidad de protector introducida.

**Sistema de célula vacía**

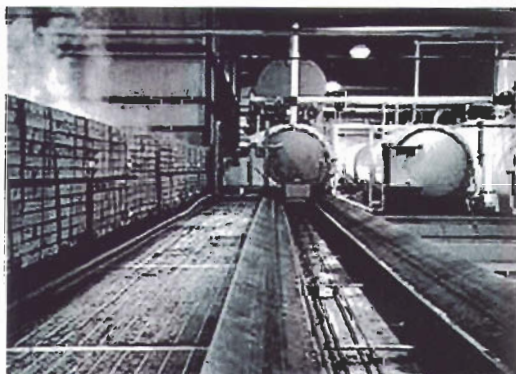
Su objetivo es impregnar la mayor parte posible de la pared celular de las células de madera retirando posteriormente el excedente de producto de las cavidades celulares (lumen de las células). El tratamiento consta de las siguientes fases:

- la madera se somete a una presión ligeramente superior a la atmosférica antes de la inyección del protector.
- vacío final con objeto de regular la cantidad de protector introducida en la madera.

**Tratamiento de Doble vacío**

Es un tratamiento que consigue una protección perimetral de la pared celular sin llegar a rellenar totalmente el lumen de las células. Consta de las siguientes fases:

- vacío inicial, para extraer parte del aire de la madera
- introducción del protector a presión atmosférica y en algunos casos a una





presión ligeramente superior.

- vacío final, para regular la cantidad de producto introducido.

Este tratamiento se aplica a madera de construcción previamente elaborada, como carpintería (puertas y ventanas de madera, recubrimientos exteriores, etc.). Con este tratamiento se consigue una protección profunda contra la acción de agentes bióticos y sólo se pueden utilizar protectores en disolvente orgánico. Dependiendo de las características del protector es posible conseguir una mejora en la estabilidad dimensional de la madera.

Para realizar este tratamiento se requiere que la madera esté seca, con contenido de humedad inferior al 18%.

### **Elección del tipo de protector**

El tipo de protección a elegir dependerá de la clase de riesgo en la que se encuentre el elemento de madera y se define en función de la penetración y la cantidad de producto que se introduce.<sup>8</sup>

La protección para la carpintería de madera puede ser superficial, media o profunda:

#### **Protección superficial**

Es aquella en la que la penetración media es de 3 mm, con un mínimo de 1 mm en cualquier parte de la superficie tratada. Los sistemas más adecuados de aplicación son el pincelado, la pulverización y la inmersión breve. Los tipos de protectores utilizados son los hidrodispersables y los que llevan disolventes orgánicos.

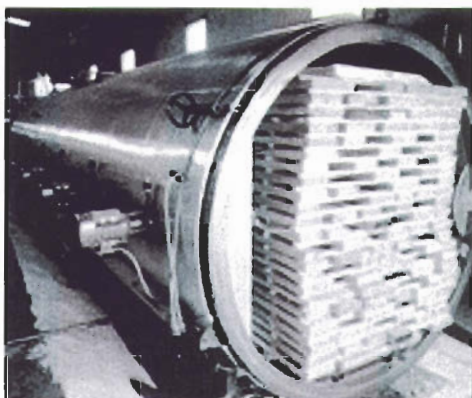
#### **Protección media**

Es aquella en la que la penetración media es superior a 3 mm en cualquier zona

tratada, sin llegar al 75% del volumen impregnable. Los sistemas de aplicación más adecuados son la inmersión prolongada, la inmersión caliente y fría y la impregnación por autoclave: vacío-vacío y vacío-presión. Los protectores utilizados son sales hidrosolubles y protectores en disolventes orgánicos.

#### **Protección profunda**

Es aquella en la que la penetración media es igual o superior al 75% del volumen impregnable. Los sistemas de aplicación más adecuados son los de impregnación por autoclave vacío - presión. Los productos protectores utilizados, son sales hidrosolubles y protectores en disolventes orgánicos.



<sup>8</sup>La penetración hace referencia a la profundidad mínima hasta la que se introducen las materias activas del producto protector; mientras que la retención hace referencia a la cantidad de producto

protector prescrita en la zona de análisis (parte de la madera tratada que es analizada para evaluar el requisito de retención)

TIPO DE PROTECCIÓN	MÉTODO DE TRATAMIENTO	TIPO DE PROTECTOR
SUPERFICIAL penetración media alcanzada 3 mm, mínima 1 mm	Pincelado	Disolvente orgánico Hidrodispersable Productos mixtos
	Pulverización	Disolvente orgánico Hidrodispersable Productos mixtos
	Inmersión breve	Disolvente orgánico Hidrodispersable Productos mixtos
MEDIA penetración media superior a 3 mm, sin llegar al 75 %	Inmersión prolongada	Disolvente orgánico Impregnable Hidrodispersable Productos mixtos Sales hidrosolubles
	Difusión	Sales hidrosolubles
	Autoclave (vacío-presión)	Sales hidrosolubles Productos mixtos Orgánicos naturales
PROFUNDA penetración media igual o superior al 75 % impregnable	Autoclave (vacío-vacío)	Disolvente orgánico
	Autoclave (vacío-presión)	Sales hidrosolubles Productos mixtos Orgánicos naturales
	Autoclave (vacío-vacío)	Disolvente orgánico

### Tipo de protección según las clases de riesgo

Las normas han establecido un tipo de protección para cada clase de riesgo que se exponen en la tabla adjunta.

Clase de riesgo	Tipo de protección
1	no necesaria recomendable una protección superficial
2	necesaria una protección superficial recomendable una protección media
3	necesaria una protección media recomendable una protección profunda
4	necesaria una protección profunda
5	necesaria una protección profunda

Con objeto de relacionar todos los aspectos de la protección de la carpintería de madera, se exponen a continuación las relaciones entre los métodos de tratamiento - tipos de protección - protectores de madera y cantidad de aplicación. En

particular la CANTIDAD DE APLICACIÓN que se menciona tiene un carácter orientativo, ya que dependerá de cada producto y de los ensayos de eficacia del mismo.

CLASE DE RIESGO	Exposición humidificación	TIPO DE PROTECCIÓN	PRODUCTO	CANTIDAD, DE APLICACIÓN	METODO DE TRATAMIENTO
<b>1</b> Sin contacto con el suelo. <b>Bajo cubierta.</b>	NINGUNA	No necesaria	-	-	-
		Recomendable Superficial	Orgánicos Hidrodispersables Productos mixtos (Sales hidrosolubles)	80-120 ml/m <sup>2</sup> 80-120 ml/m <sup>2</sup> - 50 gr/m <sup>2</sup>	Pincelado Pulverización Inmersión
<b>2</b> Sin contacto con el suelo <b>Bajo cubierta</b>	OCASIONAL	Superficial			
		Recomendable Media	Orgánicos Hidrodispersables Productos mixtos Sales hidrosolubles Productos Doble Vacío	250 ml/m <sup>2</sup> 250 ml/m <sup>2</sup> - 3-10 Kg/m <sup>3</sup> 5 - 15 Kg/m <sup>3</sup>	Pinc / Pulv / Inm Pinc / Pulv / Inm Pinc / Pulv / Inm Inmers. / Autoc. Autoclave
<b>3</b> Sin contacto con el suelo. <b>Al exterior</b>	FRECUENTE	Media			
		Recomendable Profunda	Productos mixtos Sales hidrosolubles. Productos Doble Vacío	- 3-10 Kg/m <sup>3</sup> 25 Kg/m <sup>3</sup>	Autoclave

### Elección de un tratamiento protector

La decisión sobre la elección del tratamiento debe considerar varios aspectos.

#### Vida de servicio

La vida de servicio indica el tiempo durante el cual la madera tratada seguirá desempeñando sus funciones<sup>9</sup>. Cuanto mayor sean la penetración y la retención, la vida de servicio será mayor.

La vida de servicio de los elementos de madera asociada a las diferentes clases de riesgo son:

Clases de riesgo 4 y 5:

vida útil entre 15 y 20 años, para elementos de madera correctamente tratados y

en contacto con el suelo, el agua dulce o el agua de mar.

Clase de riesgo 3:

vida útil entre 15 y 50 años, para elementos de madera situados al exterior que no están cubiertos y que no están en contacto con el suelo

Clase de riesgo 2:

vida útil superior a 40 años, para elementos de madera situados bajo cubierta, completamente protegidos de la intemperie, aunque ocasionalmente se puede producir una humedad ambiental elevada.

#### Importancia estructural

Cuanta mayor importancia estructural, la penetración y la retención deberá aumentar proporcionalmente.

<sup>9</sup>Directiva Europea de Productos de la Construcción



*Condiciones específicas de exposición*

Las condiciones a las que estará expuesta la madera exigirán una mayor o menor penetración y retención. Por ejemplo dentro de la Clase de Riesgo 4 los postes de madera en contacto con el suelo tendrán un tratamiento diferente al de la madera utilizada en torres de refrigeración.

*Condiciones climáticas específicas*

Las variaciones regionales en cuanto a la temperatura y al régimen pluvial pueden requerir diferentes penetraciones y retenciones. No es lo mismo una ventana de madera situada en el norte de Europa

que otra situada en el sur de Europa.

*Situación geográfica*

Las variaciones geográficas tienen importancia en relación a la posibilidad de ataque de insectos xilófagos. Por ejemplo las termitas comienzan a aparecer en Francia y su peligrosidad aumenta según nos vamos desplazando hacia el sur.

*Acceso a los elementos*

Los elementos de madera que sean difíciles de reemplazar o de reparar necesitarán mayores penetraciones y retenciones de producto

**Ejemplos**

**Carpintería interior: Escalera y puertas**

CLASE DE RIESGO	1
TIPO DE PROTECCIÓN	NO NECESARIA, pero recomendable:
especie de madera	Madera fácilmente impregnable Madera no fácilmente impregnable
tratamiento	pinclado, pulverización e inmersión breve
producto protector	Productos en base agua Productos en disolvente orgánico
	Nota: compatibilidad del producto utilizado con el producto superficial decorativo que se aplique posteriormente.
cantidad de producto	Especificado en los ensayos de eficacia Dato orientativo: 80 -120 ml/m <sup>2</sup>

**Carpintería exterior: ventanas, puertas y balcones**

CLASE DE RIESGO	3
TIPO DE PROTECCIÓN	MEDIA
especie de madera:	Madera fácilmente impregnable Madera no fácilmente impregnable
tratamiento	autoclave doble vacío
producto protector	Productos en disolvente orgánico complementado con un producto protector superficial decorativos que no forme película.
cantidad de producto	Especificado en los ensayos de eficacia Dato orientativo: 15 - 25 k/m <sup>3</sup>

# Acabado de la madera

En el acabado han de tenerse en cuenta primero las propiedades de la madera como soporte: su aspecto, su contenido de humedad, su coeficiente de contracción, su porosidad y su contenido de extractos<sup>10</sup> En los trabajos de mantenimiento de superficies pintadas previamente existen una gran variedad de situaciones, pintura sana, pintura degradada, zonas de madera degradadas, etc. Para aplicar la nueva capa de protección superficial es necesario realizar una correcta preparación de la superficie; cualquier producto, incluyendo los mejores, se comportará mal si no se aplican sobre madera sana. Los trabajos se deben concentrar en las partes más vulnerables como los testeros inferiores de las ventanas, los vierteaguas de las ventanas o puertas, las piezas colocadas en exposición sur, etc. Es innecesario y antieconómico eliminar las zonas de pintura que estén correctamente adheridas,



que estén ligeramente enyesadas o que no presenten defectos. Estas zonas de pinturas se deberán lavar con un solución de detergente o con un limpiador adecuado y lijarse con una lija de agua, con lo que conseguiremos una buena adhesión de la nueva capa de pintura. En las zonas en que la pintura no esté en buenas condiciones, se recomienda eliminarla totalmente (utilizando decapantes, mediante llama,

<sup>10</sup>La madera como soporte depende de diversos aspectos:

## Aspecto

El colorido y el veteado de la madera son valores decorativos a tener en cuenta en la aplicación de productos superficiales o revestimientos. El colorido de la madera es otra característica importante para el acabado, sobre todo cuando el recubrimiento es transparente. Los tonos de color varían bastante de una especie a otra, interesando conservar los de las maderas nobles como la caoba, nogal, teca, palisandro, ébano, etc. Otras especies con coloridos menos decorativos como los abetos, chopos, pinos, etc se pueden mejorar modificando o aumentando el tono, tiñendo con colores más vistosos o aplicando tintes de colores vivos.

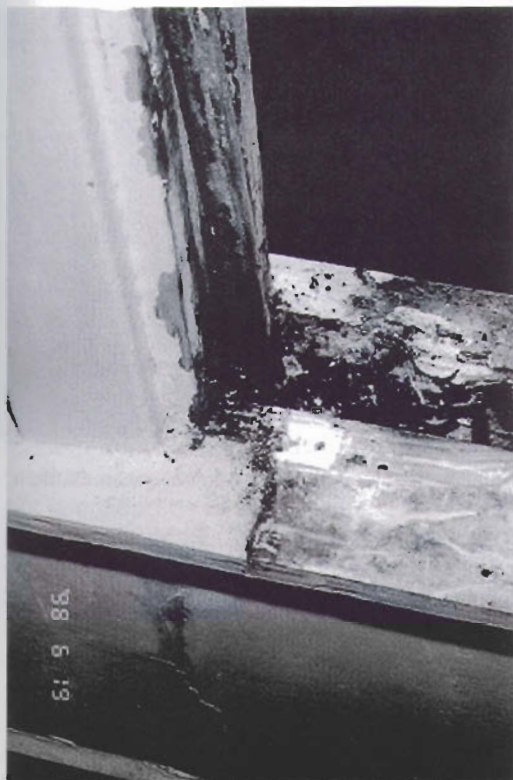
## Contenido de humedad

La madera es un material higroscópico que absorbe y desprende agua en forma de vapor con mucha facilidad. El contenido de humedad de la madera dependerá de las condiciones ambientales, la madera tiende a buscar su grado de humedad de equilibrio higroscópico en armonía con la temperatura y la humedad relativa del aire. Un alto contenido de humedad de la madera impide la reticulación de los polímeros y produce un secado defectuoso que se

traduce en una falta de adherencia. La madera utilizada al exterior (carpintería) debe instalarse con un contenido de humedad comprendido entre el 12 y el 15%. En general las coníferas no deben tener más de un 15% y las especies tropicales solamente un 12%. Si los poros de la madera se cierran con un recubrimiento impermeable se impide la salida al exterior y el agua se acumulará bajo la película del recubrimiento.

## Coefficiente de contracción

La madera se está moviendo constantemente, aunque no seamos capaces de verlo, para adaptar su contenido de humedad al de las condiciones ambientales correspondientes al del lugar donde está situada. Estos movimientos provocan variaciones dimensionales en las piezas y también fuertes tensiones (que ya emplearon los egipcios para romper grandes rocas), que originan que las protecciones superficiales se acaben rompiendo. En las maderas utilizadas en el interior estos cambios dimensionales apenas tienen importancia, pero cuando la madera se encuentra al exterior pueden tener una gran influencia. Por ejemplo una pieza de madera situada al exterior en Valladolid puede variar su contenido de humedad de equilibrio entre un 18,2% (máxima) y un 7,7% (mínima); mientras que en



La degradación de la peana es una de las patologías más clásicas



Santander puede variar entre un 16,7% y un 14,4%. Este hecho obliga a utilizar recubrimientos que tengan la máxima elasticidad para evitar que se cuarteen y se rompan, junto con la utilización de especies de madera que tengan unos coeficientes de contracción pequeños.

**Porosidad**

La porosidad o volumen vacío de la madera varía mucho con las especies, aunque también existen variaciones dentro de una misma especie y dentro de una misma pieza de madera. Las maderas que son muy porosas absorben más cantidad de producto que las poco porosas. Actualmente todavía se siguen utilizando las denominaciones "grano fino" o "grano basto", para referirse a la calidad de la madera. En este sentido la madera de chopo absorberá más producto que la caoba. Así mismo dentro de la misma especie la madera de alburá es más porosa que la de duramen y dentro de estas la madera de primavera es a su vez más porosa que la de verano. Estas diferencias de porosidad hacen variar notablemente las dosis y los rendimientos de los revestimientos, así como los tiempos de trabajo de las aplicaciones recubridoras, que influyen en los resultados y en los periodos de mantenimiento.

Los poros se corresponden con la sección transversal de los vasos y fibras de la madera. Las

coníferas son, en general, más porosas que las frondosas; aunque sus poros están uniformemente dispuestos presentan en ocasiones zonas más absorbentes en las que los lasures de colores producen concentraciones de pigmentos que intensifican el tono del colorido (rechupados). La porosidad de las maderas de frondosas es extremadamente variada, tanto por el tamaño de los poros como por su frecuencia; por lo que requieren un cuidado especial. Los lijados, refinados, imprimaciones y sellados son técnicas que se pueden utilizar para solucionar ese problema de la aparición de rechupados.

**Contenido de exudados**

Los exudados y extractos de la madera son sustancias metabólicas complejas más o menos viscosas como resinas, aceites, gomas, ceras, antioxidantes y colorantes. Afloran en la superficie de forma irregular según las especies, las muy ricas son las llamadas "maderas grasas" como el iroko y la teca, mientras que las "maderas secas" son las que contienen menos sustancias. En las coníferas se encuentran, de forma general, sustancias resinosas, mientras que las maderas tropicales y ciertas frondosas boreales son más ricas en glucósidos, antioxidantes y materias sacarinas (taninos, cloroforina, etc.) además de poder contener también



aire caliente, lijado, etc.) y llegar hasta la madera sana. En la madera que ha estado expuestas a las inclemencias atmosféricas hay que eliminar las zonas degradadas (mediante su lijado, cepillado, lavado, etc.) y llegar hasta la madera sana. En el caso de que fuera necesario introducir nuevas piezas de madera se recomienda que se hayan tratado previamente.

### Productos para acabado (o protección superficial)

La utilización de este tipo de productos es muy antigua.

Al principio sólo se destinaban a embellecer la madera en el interior de las viviendas, pero con el tiempo se fue ampliando su uso al exterior para proteger la carpintería frente a la acción del sol y de la lluvia.

Este uso supuso el desarrollo de nuevas resinas, la mejora de los pigmentos y la incorporación de otros productos como los captadores de rayos ultravioleta, filtros

otras sustancias extractivas como aceites y resinas. La presencia de estas sustancias en la superficie de la madera dificulta, retarda o impide la polimerización o secado de los recubrimientos. Estas sustancias se pueden dividir en dos grandes grupos:

- las de tipo oleoso, como las resinas, aceites y ceras
- las de carácter acuoso, como los taninos, cloroforina y otros glucósidos.

El origen de la palabra tanino proviene del alemán "tanne", que significa abeto. En Alemania el tanino de la corteza del abeto se empleaba tradicionalmente en la industria del curtiente de la piel. Todos estos compuestos orgánicos conocidos impropriadamente con el nombre genérico de "grasas" ocasionan daños tanto en el momento de la aplicación del producto (al impedir que se seque) como posteriormente después de secado (al subir o trepar a través de la película del recubrimiento, con velados blanquecinos o con manchas negruzcas que estropean el acabado).

Las piezas de madera de iroko, elondo, dussié, teca, castaño, roble y de algunos pinos muy resinosos no se pueden barnizar, lascar o aplicar lasures si no se realiza una limpieza previa de estas sustancias. Para prevenir la aparición de extractos conviene preparar adecuadamente la superficie, limpiándola a fondo con disolventes adecuados. El white spirit se utiliza para eliminar las sustancias grasas como aceites y las resinas; y los disolventes solubles en agua como el metanol, nitro o cetonas para eliminar las sustancias solubles en agua como los taninos o



**Ventana medieval francesa original con acabado a base de pintura**

solares, estabilizadores de la luz, etc. que han ido mejorando sus prestaciones. Algunas referencias bibliográficas nos trasladan hasta China, en el Imperio Shang (1.500 antes de J.C.) donde ya se empleaban bellas maderas lacadas y pintadas para recubrir paneles.

cloroforina. Los disolventes universales se pueden utilizar en todos los casos. Los nudos muy resinosos deben cubrirse con una película de tapaporos impermeable de tipo "nitro" para evitar las continuas secreciones.

Las especies de madera que presentan elevadas proporciones de taninos (6 a 8%, e incluso superiores) producen en la madera manchas negruzcas, más o menos grandes, que deprecian el aspecto decorativo del acabado. Para evitar su presencia se emplean pigmentos bloqueadores de taninos a base de polifosfatos o de otras sales inhibitoras.

### Preparación y estado de la superficie de la madera

Los mejores resultados para la aplicación de productos superficiales se consiguen con madera nueva o recién mecanizada (limpia) y seca. La superficie ideal se corresponde con una superficie cepillada, aunque las pinturas pueden obtener mejores acabados cuando se aplican sobre superficies ligeramente aserradas o lijadas. Antes de aplicar el producto nos debemos asegurar que la superficie de la madera esté limpia, no tenga ni fendas, ni fisuras, ni nudos no sanos ni coloraciones de hongos cromógenos. Se recomienda aplicar los productos cuando las condiciones ambientales sean moderadas y secas, siguiendo la evolución del sol. Si la superficie se ha humedecido ha de dejarse secar. (De Joaquín Martín Biéguéz de 3ABC Lasures, en la revista AITIM)

## Composición de los productos utilizados para el acabado

Existen dos tipos de productos, los que solamente protegen de los agentes atmosféricos (sol y lluvia), y los que además incorporan propiedades insecticidas y/o fungicidas del mismo tipo que los utilizados por los protectores de madera. Las principales materias primas de los productos de acabado de la madera son las resinas, los pigmentos y los solventes.

### Resina (ligantes)

La función de las resinas es proteger a la madera frente al agua y dar flexibilidad al producto cuya duración viene determinada por la calidad de la resina utilizada.

El tipo de resina determinará propiedades importantes del producto: brillo, dureza, flexibilidad, formación de película, etc.). Existe una gran variedad de resinas: alquídicas, vinílicas-alquídicas, de poliuretano y acrílicas.

### Pigmentos

Los pigmentos tienen misión decorativa y de control solar actuando como un espejo frente a los rayos infrarrojos.

### Solventes

Los solventes sirven para transportar y disolver la resina y los pigmentos sin alterar su composición química. Se puede utilizar agua (productos denominados acuosos) o disolventes orgánicos (productos en disolvente orgánico).

Estos productos pueden incorporar otros componentes que mejoran su comportamiento al exterior, como por ejemplo las ceras naturales, las ceras naturales modificadas, las ceras sintéticas y otros productos hidrófobos (para evitar la acción del agua y de la humedad), los diluyentes (para reducir la viscosidad y facilitar la formación de la película protectora), los filtros solares (para evitar el efecto dañino de las radiaciones del sol), estabilizadores de la luz HALS (utilizados en productos incoloros), antioxidantes inhibidores fenólicos (para evitar el defecto de amarillamiento del producto), etc.

La calidad de los productos utilizados en la protección superficial depende de:

- la naturaleza de las resinas.
- la naturaleza de los pigmentos.
- la concentración en volumen de los pigmentos referido a la resina
- la incorporación de otros productos que mejoran sus prestaciones

## Tipos de productos

Actualmente existen en el mercado distintos productos de acabado de la madera en tres grupos principales: pinturas, barnices y barnices de poro abierto o lasures, aunque la aparición de nuevos productos ha provocado cierto desconcierto entre los usuarios a la hora de elegir el tipo de producto más adecuado.

Los productos de acabado pueden clasificarse por su tipología, su tecnología, su aspecto, su función, etc. Las nuevas normas europeas establecen una clasificación en función de su aspecto y una selección por su utilización final y condiciones climáticas de exposición.

## Aspecto

La clasificación por aspecto está relacionada con el sistema de acabado y define 3 parámetros: espesor de la película, poder cubriente y brillo especular. Para cada uno de estos parámetros se han definido a su vez diferentes clases: 4 para el espesor, 3 para el poder cubriente y 5 para el brillo especular. Las combinaciones de todas ellas da lugar a una matriz de 60 términos descriptivos, que cubre todos los tipos de productos.

- Clases para el espesor: mínimo (inferior a 5  $\mu\text{m}$ ), bajo (entre 5 y 20  $\mu\text{m}$ ), medio (entre 20 y 60  $\mu\text{m}$ ) y alto (superior a 60  $\mu\text{m}$ )
- Clases para el poder cubriente: opaco (ocultan cualquier color o dibujo del sustrato), semitransparente (no ocultan totalmente la superficie de la madera) y transparente (permiten apreciar claramente la superficie de la madera).

- Clases para el brillo: mate (reflectancia hasta 10), semimate (reflectancia entre 10 y 35), semibrillante (reflectancia entre 35 y 60), brillante (reflectancia entre 60 y 80) y muy brillante (reflectancia superior a 80)

Por ejemplo:

- Las pinturas tradicionales suelen tener un espesor alto, un poder cubriente opaco y un brillo brillante
- Los barnices tradicionales suelen tener un espesor alto, un poder cubriente transparente y un brillo brillante
- Los barnices de poro abierto utilizados al exterior suelen tener un espesor bajo, un poder cubriente semi-transparente y un brillo mate

- Los productos utilizados para la protección de vallas suelen tener un espesor mínimo, un poder cubriente semi-transparente y un brillo mate

### Selección del producto

La selección del producto se realiza en función de las condiciones de exposición y de la clasificación según su empleo.

#### a Condiciones de exposición

Se definen en la tabla 2, de doble entrada, en función del clima (moderado, duro y extremo) y la situación más o menos protegida del elemento en la construcción. Las condiciones de exposición que se pueden obtener son las siguientes: suave, media y severa.

Tabla 2. Clasificación de las condiciones de exposición prEN 927-1.

Construcción	Clima		
	Moderado	Duro	Extremo
Protegida	Suave	Suave	Media
Parcialmente protegida	Suave	Media	Severa
No protegida	Media	Severa	Severa

#### b Categoría según su empleo:

Se determina en función de los movimientos dimensionales que se permiten a la madera como respuesta a la absorción o pérdida de agua, en el uso que se destine. Los movimientos dimensionales que se permiten dan lugar a las siguientes categorías:

- no estable: se permite que las dimensiones varíen libremente. Ejemplos: revestimientos exteriores de madera solapados, cercas, cobertizos de jardín, etc.
- semi-estable: se permite un movimiento dimensional restringido. Ejemplos: revestimientos de madera machihembrados, casas de madera, muebles de jardín, etc.
- estable: se permite un movimiento dimensional mínimo. Ejemplos: productos de carpintería como las ventanas y las puertas.

### Información del fabricante sobre el producto a utilizar

La combinación de aspecto, condiciones de exposición y categoría de empleo permite al usuario describir sus necesidades, y al fabricante confirmar que el producto tiene el aspecto solicitado y que es adecuado para la utilización requerida. Pero hay que tener en cuenta dos aspectos importantes: el enfoque es descriptivo, ya que no se asume que un determinado producto sea conveniente para una determinada aplicación y en segundo lugar la responsabilidad para prescribir un determinado producto es del fabricante. Actualmente el fabricante hace estas recomendaciones basándose exclusivamente en sus propios ensayos y en su experiencia. Cuando la norma entre en vigor, cualquier recomendación que se cite deberá estar confirmada con el correspondiente ensayo de laboratorio.





El sueño de Jacob (William Blake, 1825)

# escaleras

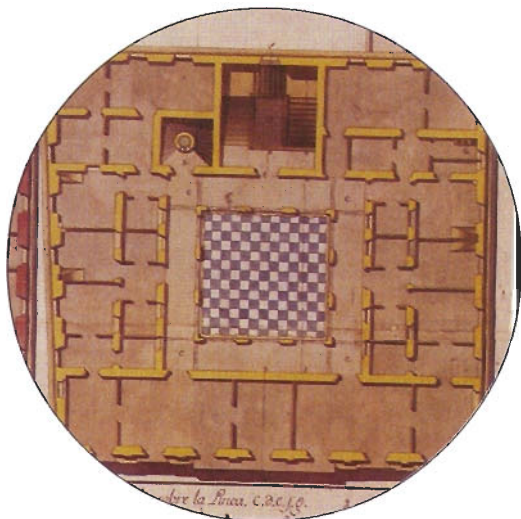
*"Jacob tomó una de las piedras del lugar; se la puso por cabezal, y acostóse en aquel lugar. Y tuvo un sueño: soñó con una escalera apoyada en tierra y cuya cima tocaba los cielos"*

Gen 28<sup>10</sup>

# La escalera como elemento arquitectónico

La escalera es un elemento inclinado de paso, pedestre, establecido entre dos niveles diferentes con una pendiente comprendida entre 15 y 60°. Se destina al uso de las personas más diversas (niños, mujeres encintas, ancianos, personas con ciertas discapacidades, etc.) y debe contemplar como posibilidad los usos alternativos más diversos (juego de niños, apoyo de fuertes cargas imprevistas, paso de instalaciones, manipulación de objetos de gran volumen (muebles), etc.). Por ser elemento de enlace y circulación entre diversos planos horizontales, las escaleras tienen unas exigencias de funcionamiento para facilitar su uso: acceso sencillo, reducción de las distancias a recorrer y adecuada iluminación - natural si es posible- para evitar caídas. La altura de paso no será inferior a 2,20 m, y se deben evitar siempre que se pueda los peldaños irregulares (aprovechando para absorberlos las partes irregulares como los descansillos), la transición de peldaños regulares a irregulares debe ser imperceptible, respetando determinadas recomendaciones de diseño (longitud de tramos, dimensiones de peldaños, etc.)

Junto a los fines utilitarios aparecen con igual fuerza los estéticos. Aunque muchas son modestas, otras escaleras tienen una carga decorativa o simbólica muy marcada y ocupan un lugar de honor en el edificio. La ubicación de la escalera es ante todo un problema de distribución dentro de la superficie construible y de la altura a salvar entre forjados, teniendo en cuenta



determinados efectos arquitectónicos. El primer aspecto es su valoración compositiva con su posible utilización en fachada. Otro es el de arquitectura interior, como elemento compositivo o decorativo.

Para el ejecutante se trata de comprobar la factibilidad del proyecto y de identificar todos los elementos que inciden en la obra.

*Se juzga a un arquitecto por sus escaleras*  
Esta frase lapidaria podría parecer exagerada, puesto que comparte la responsabilidad con el constructor y el carpintero. Refleja más bien el interés que se toma por todos los elementos que componen la edificación.

La resolución de las escaleras refleja, por tanto, el ingenio de unos y la pericia de otros a la vez que revela la aplicación de determinados principios técnicos de comodidad y de ornamentación, el



análisis científico del paso humano, la relación entre altura y curvado de un peldaño, el número máximo de peldaños en cada tramo, etc.

Para los carpinteros, ebanistas, decoradores y arquitectos las escaleras de madera representan un pequeño reto.

Para los primeros es una ocasión única de ejercer su oficio y de probar su habilidad mientras que para los otros se trata de algo tan especializado que escapa a su capacidad.

Las escaleras de otras épocas revelan un grado de desarrollo de la carpintería muy alto y en parte desconocido para nosotros, por basarse muchas veces en reglas casi secretas (como era propio de los antiguos gremios). A pesar de ello se han ido recogiendo con el paso de los siglos algunas 'recetas' que se han impuesto poco a poco por el uso, unas pocas 'reglas del arte', de las que han derivado los criterios de diseño y de seguridad actuales.

La escalera, en fin, no es un simple elemento de comunicación; debe estar relacionada con el resto del edificio en cuanto a materiales, forma, color y acabados y en muchas ocasiones cobra un papel de gran representatividad.

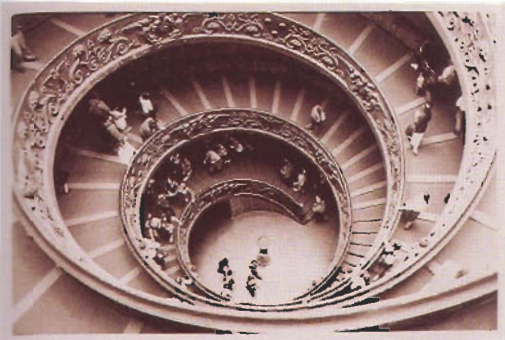
### **Las soluciones de antaño**

El traslado de un nivel de piso a otro ha sido siempre un problema arquitectónico importante por su papel cinético dentro del edificio y las soluciones adoptadas por cada cultura ha sido normalmente muy parecidas. Pero cada época aporta soluciones técnicas y funcionales propias con diferente valoración del grado de representatividad, ornamentación, técnica constructiva, etc., fluctuando entre dos extremos opuestos: su consideración como un espacio residual o su valoración como elemento arquitectónicamente relevante.

### **Tratados y códigos de Arquitectura**

Tradicionalmente se ha dado poca importancia a las escaleras en la Historia de la Arquitectura tratándola como un elemento secundario a pesar de que en la práctica ha sido siempre un elemento esencial en la edificación, incluso en nuestros días, donde predominan los ascensores. Los tratados clásicos de Arquitectura y Construcción al hablar de ella ponen el énfasis en las escaleras de piedra, lo mismo que ocurre en otros elementos de la edificación donde se considera la





pedra como el material 'noble' por excelencia en detrimento de la madera. Pero aunque la escalera de madera imitaba inicialmente los diseños en piedra pasó luego a tomar protagonismo propio gracias a sus mayores posibilidades formales y estructurales. La aparición de los nuevos materiales (acero y hormigón) en los siglos XIX y XX supuso un retroceso que se vio paliado solo en parte por la aparición de la madera laminada.

### Escaleras y clase social

La escalera ha diferenciado siempre las partes nobles y las vulgares en los edificios. La regla general es que la planta baja es la principal o 'planta noble' y los pisos superiores para la servidumbre, concepto que se trasladaba a los edificios de viviendas.

Tradicionalmente la escalera divide socialmente a los que están 'abajo y arriba', en la planta 'baja' y en la 'principal'.

### Escalera y símbolo

En la arquitectura monumental la escalera juega un papel teatral de gran importancia (véanse los teatros y palacios de óperas principalmente) que pretende impresionar y elevar al ciudadano de a pie

a un plano superior, el de las artes o el del poder.

Un ejemplo significativo es el proyecto del Reichstag que realizó Albert Speer para Hitler, que a base de gigantescas escaleras y enormes alturas preparaba emocionalmente a los embajadores a presentarse ante el fñhrer. Ejemplos parecidos encontramos en muchos palacios reales del Barroco.

La banalización actual de la escalera en los grandes edificios en altura viene acompañada por la importancia compositiva y estructural de las baterías de ascensores. La escalera sólo mantiene su protagonismo en la 'distancia corta' (edificios pequeños o singulares) o en la grandes construcciones: edificios de oficinas, bancos, administración, estadios o grandes superficies comerciales.

Lo que en cualquier caso se mantiene es la herencia constructiva y el saber hacer del pasado: rampas sin estrangulamientos, curvado y compensación de peldaños, etc. que se incorporan con una voluntad normalizadora a la arquitectura contemporánea: seguridad en el uso y frente a incendios, dimensionado, 'unidad de paso', etc.

Escalera en latín se escribe progreso.

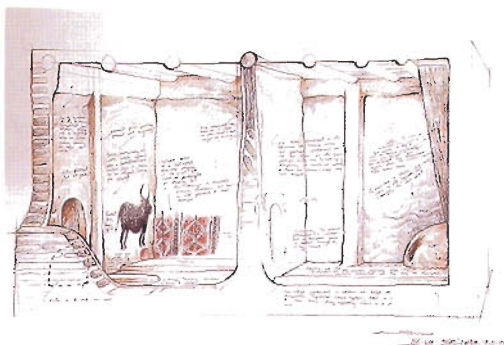
# La escalera en la historia

Las escaleras han seguido una cierta línea evolutiva con tipologías que aparecen y se modifican pero que raramente desaparecen. En efecto, la obsolescencia es rara, siendo lo más frecuente la pervivencia o la fusión de tipos históricos, como veremos a continuación. Por eso la clasificación que se presenta seguidamente no es lineal sino solapada, debido a un desarrollo histórico y tipológico paralelo. En cualquier caso, cualquier clasificación histórica es convencional y simplificadora pero didácticamente eficaz.

## La escalera en la Antigüedad

### y en la Arquitectura Clásica

Las escaleras aparecieron necesariamente para dar acceso a planos elevados, por lo tanto es de suponer que existían en las cuevas primitivas o en las rudimentarias casas elevadas sobre pilotis características de la Prehistoria, donde la elevación sobre el terreno protegía de ataques de alimañas y de la humedad. Se trataba



Dibujo idealizado de vivienda mesopotámica

seguramente de rampas con escalas o de troncos tallados con forma de dientes como vemos en otras culturas primitivas que perviven. A pesar de su simplicidad, estos modelos contenían ya en esencia el concepto de escalera.

### Rampa dentro de la Pirámide Roja



Carpintería de madera



Si abandonamos la Arquitectura prehistórica, de la que no tenemos apenas vestigios, de las primeras grandes civilizaciones sólo conocemos escaleras de piedra (egipcias, griegas, romanas, etc.) pero existen, sin embargo, referencias gráficas de escaleras de madera con un cierto grado de desarrollo.

Algunas escaleras de asentamientos mesopotámicos se adaptaban a la peculiar forma de acceso a través del terrado (techo). Son escalas de madera o escaleras de adobe. En la época neosumeria aparece una segunda planta a cuyas habitaciones se acceden desde un atrio por una galería abalconada de madera a la que se accede por una escalera también de madera.

De los egipcios conocemos referencias de la tumba de Tutankamon y de relieves del Templo de Luxor.

Las escaleras de las pirámides son una obra de ingeniería impresionante donde destacan el sabio uso de la partición de los tramos y la iluminación a base de reflejos y espejos. La Pirámide Roja, por ejemplo, tiene rampas escalonadas entre las cámaras con una pendiente de 27 grados.

De los griegos se sabe que desarrollaron escaleras en las que empleaban el cedro, especie que utilizaban también para el resto de la carpintería.

Vitrubio, arquitecto romano del siglo I, expone en 'Los diez libros de la Arquitectura' -el primer tratado de construcción conocido- el estado del arte de la arquitectura griega, romana y helenística. En su libro aparecen por primera vez las reglas de dimensionamiento de las escaleras. Una de ellas, para escaleras de un tramo, consistía en dividir la altura a salvar en tres partes iguales y llevar cuatro veces una de esas partes en planta lo que daría cinco unidades en rampa (por aplicación del teorema de Pitágoras), las cuales se organizaban en una, dos o tres rampas. Servía tanto para piedra como para madera y prueba, en cualquier caso, que la construcción de



**Escalera maya**

escaleras se regía, como el resto del edificio, por determinadas reglas por muy sencillas que estas fueran. Vitrubio dice que las escaleras romanas eran de madera o de piedra; éstas últimas denominadas *scalae graeciae*.

La mayoría de los romanos de la Urbe vivían en edificios de hasta 5 plantas, si bien en tiempos del emperador Augusto se pusieron restricciones a la altura. Se trataba de pisos adosados con una escalera común denominados *insulae*. Viollet le Duc (el primer gran arquitecto restaurador y tratadista del siglo XIX) confirma esta maestría de los constructores romanos en su 'Diccionario razonado de la Arquitectura francesa' cuando escribe: "La escalera romana, hasta la más sencilla, se componía de dos rampas separadas por un muro divisorio. La primera conduce a un descansillo de entresuelo, la segunda al descansillo del primer piso, y así sucesivamente. Los peldaños son soportados por rampas abovedadas si la escalera es ancha, o van empotrados en sus extremos a los





**Escaleras del Teatro de Pompeya**

muros, si es estrecha". Así se concibieron también las escaleras de las termas, teatros y anfiteatros romanos. Pero los restos más elocuentes de la época romana son, sin duda, los vestigios de escaleras de madera de Herculano, excepcionalmente conservadas después de la catástrofe ocurrida en el año 79 de

nuestra Era. Los huecos del peldañado de madera -quemada por la lava- en las paredes nos han permitido conocer el dimensionamiento de los escalones en viviendas. Las contrahuellas tenían 30 cm, una altura bastante incómoda.

## Escaleras de caracol en la Edad Media

Durante la Edad Media se da primacía a la planta del edificio y la escalera queda como un elemento secundario o auxiliar. Se limita a su función de comunicación y por tanto se coloca en un lugar residual. En la práctica esto equivale a desechar la escalera recta porque produce plantas desiguales (no coincide el desembarco con el arranque en plantas consecutivas) y la escalera de dos tramos, por su gran desarrollo en superficie. La elección natural de la Edad Media fue la escalera de caracol, conceptualmente sencilla pero técnicamente compleja. Nos referimos lógicamente a edificios singulares ya que en viviendas sencillas se utilizarían sim-



**Escalera de caracol de la Torre de Londres. Uno de los ejemplos conservados más antiguos.**

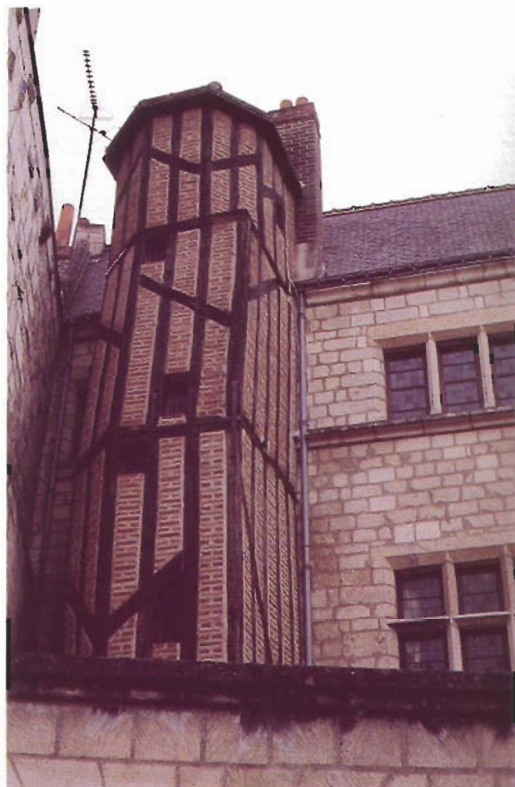


**Escalera de caracol de la Torre de Londres**

ples escalas. Existen ejemplos de escaleras normandas rectas.

La escalera de caracol presentaba como ventajas su fácil ocultación en torres rectas o circulares, se adaptaba como prolongación natural de corredores y lugares de paso, comunicaba espacios superpuestos de cualquier altura (simplemente aumentando el tamaño o el número de peldaños) y era fácil de iluminar con estrechos huecos de fachada. Finalmente, al estar formada por elementos idénticos facilitaba una cierta prefabricación en taller y una puesta en obra rápida y simple.

Cuando los muros eran de piedra, el hecho de estar encajadas en el conjunto del edificio eliminaba la necesidad de contrafuertes o arriostramientos, gracias a su carácter prácticamente autoportante. Como los constructores no buscaban integrarlas en el edificio, podían escamotearse, con arranques y desembarcos de formas variadas. Sin embargo en construcciones de entramado de madera frecuentemente se le daba una estructura independiente y se sacaba fuera del volumen del edificio. Las escaleras de caracol presentaban, sin embargo inconvenientes notables. Funda-



**Caja de escalera de caracol exenta en edificio de entramado de madera**

mentalmente su incomodidad, su elevado número de peldaños (entre 20 y 28) en una sola revolución, su reducida superficie de huella y la ausencia o estrechez de descansillos.

Las primeras escaleras de piedra constaban de un núcleo central con un pequeño saledizo que servía de apoyo a una bóveda que se empotraba por el otro extremo en la torre. Sobre la rampa, así creada, se apoyaban los peldaños. De este sistema, complicado y caro, se pasó al peldaño autoportante, apoyado en el núcleo central o formando parte de él y empotrado o apoyado en el otro extremo en un saliente del muro.

Las escaleras de piedra evolucionaron, por tanto, en dos tipologías: las de torre maciza con los escalones empotrados en el muro y las aligeradas, de peldaño apilado y torre entramada.





Escalera de caracol de peldaños apilados de madera

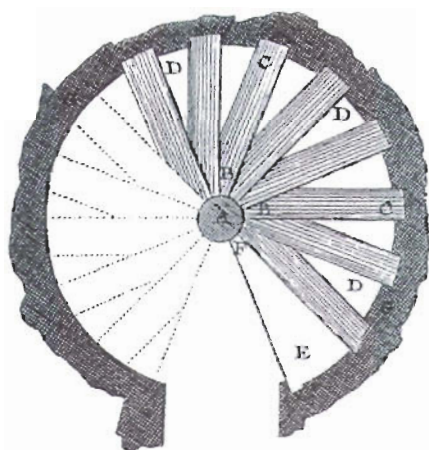
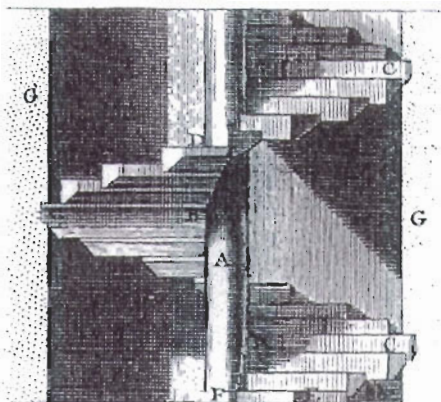
Estructuralmente la escalera de caracol es muy estable ya que las cargas propias y las sobrecargas se reparten simétricamente respecto al núcleo de la escalera donde está su centro de gravedad.

Las escaleras de caracol de madera se introducen en la edificación civil de entramado. A diferencia de las de piedra tienden a ser independientes de la fábrica y son de dos tipos: de peldaño apilado y de pilar continuo con peldaños empotrados.

### Escaleras de peldaños apilados

Son escaleras formadas por escalones macizos de madera que resuelven en una sola pieza, huella, contrahuella y cara inferior. Debido a las mermas y movimientos, y al desperdicio de la madera, fue progresivamente abandonada y no volvió a aparecer hasta bien entrado el siglo XIX en las escaleras 'a la inglesa' y en la segunda mitad del siglo XX con la madera laminada.

Los ejemplos más antiguos de este tipo de escaleras de madera son del siglo XIII, según Violet-le Duc.



Escalera de caracol de peldaños empotrados en un pilar central

### Escaleras con pilar central independiente y peldaño empotrado

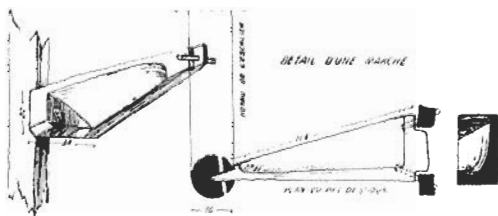
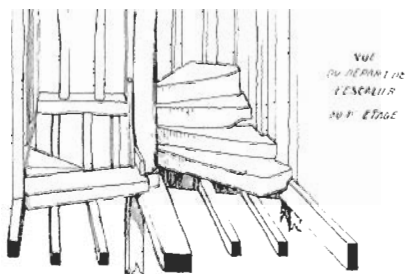
Los problemas de ajuste del apilado y sobre todo la retracción de la madera propiciaron la aparición del pie central continuo, un pilar mecanizado siguiendo la fibra del tronco, en donde se encajaban los distintos escalones.

El pilar alcanzaba a veces una altura considerable y se elevaba hasta un segundo o un tercer piso con una sola pieza. Desde finales del siglo XV, cuando los grandes fustes empiezan a escasear, ya es infrecuente verlos en los edificios medievales de entramado de madera.



Los pies centrales tienen diámetros de 13 a 26 cm. Arrancan sobre un escabel de piedra para proteger de la humedad del suelo. La mayoría son cilíndricos y lisos pero algunos se esculpen en forma de 'cuerda' sirviendo de pasamanos, aunque su ornamentación no se prolonga más allá del siglo XVI; se tiende a adornar más la bien la barandilla (los balaustres y el pasamanos).

Los ejemplos más antiguos de estas escaleras se remontan al siglo XV. Constructivamente los peldaños se encastran en el pilar central con espiga vertical clavijada lateralmente. El otro extremo se empotra en el muro de la torre.



## Escaleras de barandilla superpuesta

### entre los siglos XV a XVII

Mientras la escalera permaneció encerrada en una torre no podía sufrir más que pequeñas modificaciones. Para que evolucionara era preciso hacerla salir y al sacarla, reconsiderándose totalmente su forma para hacerla más regular. Aunque históricamente el Renacimiento comienza en Italia a finales del siglo XV es necesario esperar a comienzos del XVI para asistir a la transformación radical de la Arquitectura que supuso y que afectó también a la escalera, principalmente con la aparición de la 'caja', los tramos rectos y los peldaños regulares.

Los solares estrechos cuajados de edificios de entramado de madera de las ciudades medievales presentaban grandes limitaciones de espacio y forzaron la aparición del tipo de escaleras de barandillas superpuestas que supusieron una transformación estilística y espacial muy importante.

Son escaleras un tanto rudimentarias con dos pilares centrales continuos, enlaza-

dos entre sí por las zancas, donde se encajan los peldaños y las barandillas de los diferentes tramos. El apoyo inicial sigue siendo un escalón de piedra o perpiaño que aísla de los remotes de humedad. El nuevo sistema propicia una nueva pieza, el pilarote de arranque. Desde su simplicidad aparente, su tosquedad y su relativa estabilidad, las escaleras de barandillas superpuestas fueron evolucionando, primero alargándose y después cortando los pilarotes hasta dar lugar a escaleras mucho más aiosas. Los peldaños pasaron progresivamente de un desarrollo radial, más próximo a la escalera de caracol, a otro rectangular. Los descansillos, del magro espacio inicial en la escalera de caracol, pasaron a mesetas de esquina, transversales y longitudinales.

### Escaleras de barandilla superpuesta y rampa corta

Mientras los constructores permanecieron fieles a los principios de la escalera de caracol, sólo se introdujeron cuatro o seis peldaños rectos por tramo, el resto eran dos medias vueltas, con seis u ocho peldaños radiales cada una, y un exiguo rellano de planta.



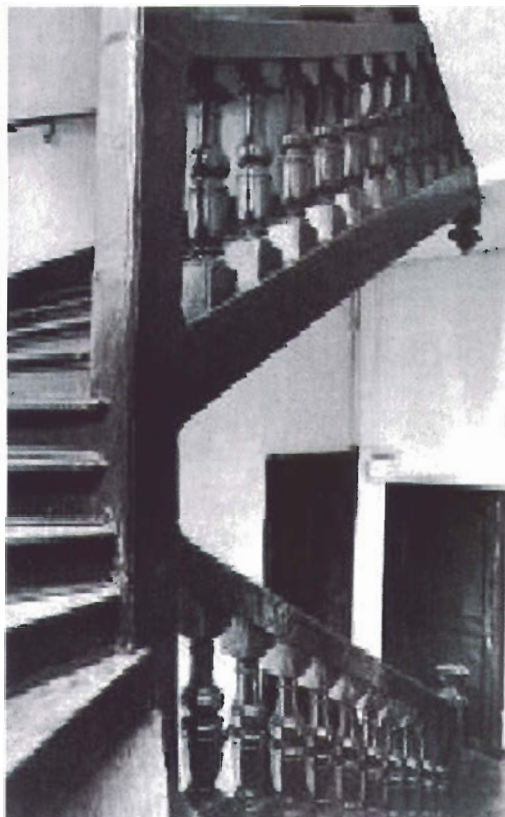
**Escalera de barandilla superpuesta de rampa corta**

Conceptualmente estas escaleras no presentan más que ligeras mejoras respecto a la escalera de caracol, aunque su trazado casi rectangular conducía a descansillos sensiblemente regulares, permitiendo un uso más cómodo tanto en subida como en bajada. Estos descansillos forzaron el aumento de superficie de la caja de escalera. Debido a su escaso desarrollo, la balaustrada apenas existe, casi sólo se aprecia en el arranque.

Son escaleras incómodas ya que predominan los peldaños radiales sobre los rectos.

La zanca ofrecía como ventaja su solidez, pero como inconveniente que todas las piezas estructurales estaban en el mismo plano: el pasamanos se corta por los pilaretes y zancas convirtiéndose en obstáculos muy molestos para el paso de objetos voluminosos (muebles, etc.). Constructivamente se trata de escaleras complejas por el número de entalles a realizar y por las irregularidades de los cortes, pero su funcionamiento estructural era correcto ya que las secciones del pilarete no se debilitaban pues trabajan a compresión.

La escalera se ubicaba al fondo del



**Escalera de barandilla superpuesta de rampa larga y un descansillo portante. El otro apoyo es un pilarete continuo**

pasillo de entrada al edificio.

Existen bastantes ejemplos en ciudades medievales de Francia, Alemania e Inglaterra de casas con entramado de madera en altura.

### **Escaleras de barandilla superpuesta y rampa larga**

El crecimiento de los descansillos fue determinante para la evolución de las escaleras de barandilla superpuesta. Estos acabaron ocupando todo el ancho o el largo de la caja y empezaron a jugar el papel de plataformas de circulación. Por fidelidad a la tradición constructiva y por no aumentar excesivamente el espacio destinado a la escalera, los pilaretes, aunque más separados, seguían siendo continuos, elevándose completamente de



arriba a abajo uniendo varias piezas de testa. Se aumenta el número de peldaños rectos hasta casi igualar los radiales por lo que se gana en comodidad aunque el pasamanos sigue cortado por los pilaretes y zancas, lo que la hace poco practicable al paso de objetos.

Los constructores no consideraban el descansillo como parte de la escalera, sino como parte de la estructura. De hecho, lo ejecutaban oficios diferentes, carpinteros de armar y carpinteros de taller razón por la cual los escalones de salida y desembarco seguían empotrándose en la zanca.

### **Escaleras de barandilla superpuesta y descansillos portantes**

Son escaleras de rampa larga, continuación natural del modelo anterior y solo se diferencian por el corte de uno de los pilaretes, el del descansillo, que se apoya sobre una viga de forjado. Esto modifica su comportamiento estructural: al interrumpir el pilarete, las cargas pasan a las vigas de descansillo que las transmiten a su vez a los muros de carga. Estas vigas funcionan también como escalón de desembarco y arranque.

Enfrentado al descansillo se mantiene inicialmente un pilarete continuo con peldaños radiales o rectos.

El arranque de estas escaleras varía ligeramente respecto a los modelos anteriores.

Los descansillos portantes representaron un avance notable y una mejora de la concepción y del aspecto general de la escalera, pero su rigidez era menor. Los carpinteros, que no sabían evaluar exactamente los esfuerzos de sollicitación de los pilaretes interrumpidos, vieron que podían neutralizarlos en parte prolongándolos inferiormente y ampliando el enlace con la zanca por medio de pequeñas jabalcoes curvas y usando eventualmente platabandas metálicas.

La discontinuidad entre barandillas y pilaretes interrumpidos se solucionaba



Escaleras de barandillas superpuestas de dos descansillos portantes







Escalera medieval de rampa exterior sobre pilar central (dos izquierda) y escaleras de rampa exterior posterior (derecha)

doblando el espesor de la barandilla central o la del pasamanos.

En los pilarotes de arranque de planta baja se introducen soluciones ornamentales y repisas que aumentaban la superficie de asiento y el peso para contrarrestar el empuje del primer tramo.

### **Escaleras de barandillas superpuestas de rampa exterior**

Las escaleras de barandillas superpuestas de zanca exterior no son muy frecuentes. Aparecen en edificaciones alrededor de patios o corralas en los que todos los pisos están conectados por una red de pasarelas o galerías. A falta de descansillos portantes, donde los pilarotes puedan apoyarse, las rampas necesitan pilares que se eleven hasta encontrarse con vigas principales del edificio. Siguen siendo precisos pequeños jabalcones curvos de enlace en los pórticos recurriéndose en ocasiones a montantes suspendidos cuyo nudo también se descarga con enlaces diagonales, arcos y empotramientos.

## Escaleras de ojo central

### **con pilaretes continuos en los siglos XVI a XVII**

En 'Los cuatro libros de Arquitectura', libro publicado en 1570 por Palladio se presentan las primeras escaleras con hueco central, circular, ovalado o cuadrado. Reciben el nombre de 'escaleras de ojo central'. Aunque las obras allí descritas son de piedra, se traspondrían a madera a lo largo del siglo XVII con mejores resultados, debido a su economía estructural y al buen oficio de los carpinteros de la época.

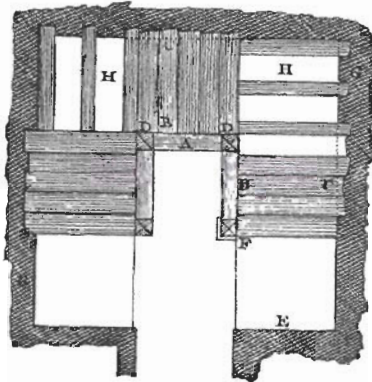
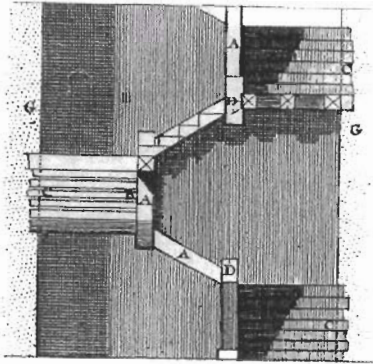
Con este trazado, la escalera dejaba de ser una construcción residual y pasaba a ser un elemento mayor, con cierto carácter teatral.

En la arquitectura doméstica las escaleras de ojo central se entienden como un diseño evolucionado de tipos anteriores: la rampa gira alrededor del hueco y se abandonan las barandillas superpuestas si bien se vuelve a veces a los pilaretes continuos.

Por el aumento de la comodidad gracias al uso de peldaños rectos, la mayor



Escalera renacentista todavía en caja exenta (arriba)  
Escalera de ojo central y pilaretes continuos (a la derecha) y discontinuos (abajo)



claridad y las perspectivas del hueco mejoraron la percepción de la escalera. Sin embargo los soportes centrales continuos seguían perjudicando a la funcionalidad hasta que fueron paulatinamente eliminados.

Las escaleras más conocidas son las de cuatro pilaretes de ojo cuadrado cuya rampa se rompe en cuatro vueltas, con peldaños radiales empotrados en los pilaretes. Entre pilaretes hay unos pocos balaústres y uno o dos peldaños rectos.

Una de las cuatro esquinas está ocupada por el descansillo. Su construcción es compleja para la comodidad obtenida y requiere un espacio elevado (de doce a trece pies de diámetro), unos 4 metros. Las escaleras de dos pilaretes continuos responden al corte de los otros dos, lo que conduce a tramos en voladizo reforzados con enlaces o jabalcones curvos. En los pilaretes interrumpidos se colocan

los descansillos para evitar la debilitación de la sección por el empotramiento de los peldaños radiales. Su principal problema es el fuerte desnivel que se produce por la acumulación de peldaños radiales en los pilaretes continuos.

La comodidad se mejora al introducir un descansillo transversal absorbiendo los dos pilares continuos situados enfrente todos los peldaños radiales.

## Escaleras suspendidas

**rectas, en los siglos XVI a XVIII**

En el curso de la evolución de las escaleras de traza rectangular, los constructores se aplicaron en comprender el funcionamiento de la rampa. Después resolvieron los voladizos de las esquinas mejorando y reforzando los ensambles o previendo elementos portantes y enlaces curvos. En el siglo XVIII los Tratados y la Enciclopedia empezaron a ocuparse científicamente por primera vez de las escaleras lo que permitió un primer análisis de su diseño y puso las bases para su ulterior desarrollo.

### Escaleras suspendidas de ojo central

La progresiva supresión de los pilaretes continuos producía una disminución de la rigidez y un debilitamiento de los pilares interrumpidos, cuajados de escalones radiales, los cuales, por sus fuertes desniveles, complicaban la distribución de pesos.

La solución que permitió suprimir los pilares continuos fue prolongar la zanca hasta empotrarla en la pared de la caja a la vez que se seguían mejorando los enlaces entre la zanca y los pilaretes interrumpidos. Éstos seguían

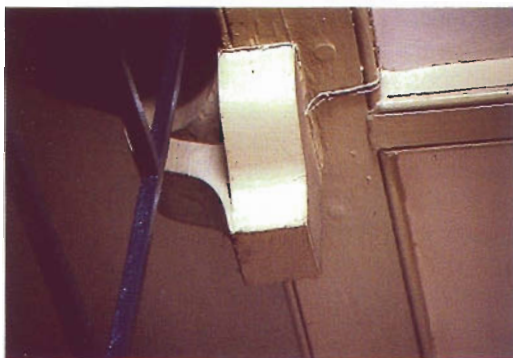


Escalera suspendida de ojo central



La continuidad de la rampa se ve comprometida por resaltes y esquinas de pilaretes





**Descolgamiento rigidizador en el cambio de rampa**

reforzándose con jabalcones curvos.

En los descansillos de planta, los pilaretes se colocan de canto para no debilitar, con su cajeadado, la viga.

Las escaleras de descansillos transversales son las más estables, por ser portantes y no tener voladizos. Los pilaretes pueden interrumpirse sin riesgo aunque mantienen el descolgamiento con enlaces curvos rigidizadores.

Los descolgamientos y su mecanizado (normalmente torneado), junto con el comienzo del curvado de los peldaños que bordean los pilaretes, son los aspectos estéticos más destacables de la rampa.

Disponiendo líneas curvas entre zancas y pilaretes para reforzar los ensambles, los constructores introdujeron la noción de continuidad de las líneas y mejoraron el aspecto de las esquinas, noción que fue

afinándose hasta encontrar una mayor relación entre planta y alzado. El único defecto de estas escaleras es el empleo de secciones enormes, lo que se hizo patente cuando los balaustres de las barandillas cuando pasaron a ser de hierro.

En lugar de los incómodos escalones radiales en cuarto de vuelta, que surgieron para disminuir la pendiente de la rampa, aparecieron los peldaños compensados\*, es decir, aquellos que toman una forma irregular para tener la misma dimensión en la línea de huella\*. Se empezaron a colocar en los peldaños de arranque y cerca de los descansillos para evitar esquinas en el recorrido pero después aparecen en los tramos intermedios.

Otra novedad importante consistió en la introducción de las barandillas de hierro colado que sustituyeron poco a poco a las de madera. Por su aspecto y por sus exigencias técnicas transformarán completamente la fisonomía de las escaleras al dejar en evidencia el perfil de la zanca con todas sus irregularidades.



**Prolongación de zanca para empotrar en la pared de la caja**



**Peldaños radiales en pilarete interrumpido en una escalera suspendida**

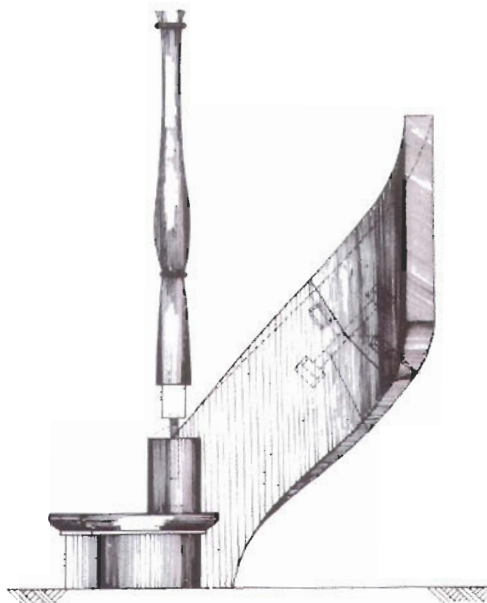
# Escaleras curvilíneas

de los siglos XVII a XIX

El primer intento serio de introducir las curvas fue en las escaleras de caracol sobre pilares del siglo XVII, que representan la evolución natural de la escalera de caracol de la Edad Media. Su peldañoado es compuesto, es decir, con separación entre huella y contrahuella. Al eliminar la torre deben apoyar en cuatro puntales periféricos, uno en cada revolución, y se refuerza con jabalcones, lo que asegura el reparto de cargas mientras se opone a una posible torsión del conjunto.

Más adelante se suprimieron puntales gracias a empalmes más elaborados y juntas con bulones, el único sistema capaz de asegurar una rigidez perfecta; aunque esto no ocurrió hasta el siglo XVIII.

El nacimiento de las escaleras curvas, a mediados del siglo XVII, responde a la búsqueda del confort del usuario, conse-



Rampa curva en una escalera de caracol  
Edificio de entramado de madera medieval

guida por una más suave continuidad de zanca y pasamanos, suprimiendo los fuertes desniveles, las esquinas angulosas y los pilaretes.

Las escaleras curvas fueron consecuencia de muchos años de investigación y experimentación con avances sutiles en los que se requería imaginar, por ejemplo, la incidencia de la disposición de los peldaños en alzado o el desarrollo de las curvas en el perfil de la zanca.

En la evolución de las escaleras curvas existen tres etapas claramente diferenciadas.

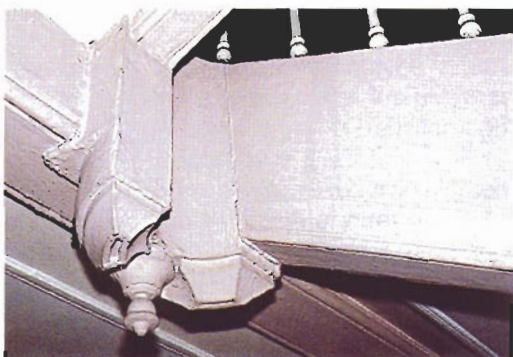
La primera es la toma de conciencia de la relación entre peldaños en planta y rampa en alzado, suprimiendo resaltes y desniveles típicos de las estructuras precedentes. La segunda trató de equilibrar las huellas salvando de paso los fuertes desniveles de los peldaños radiales.

La tercera, finalmente, se ocupó del propio trazado y ejecución de las curvas.





**Escalera oblonga**



**Descolgamiento rigidizador de escalera oblonga**

Las escaleras curvilíneas se fueron complicando progresivamente: oblonga, de cuatro centros, de doble curvatura, etc. Las dos primeras, que son las más corrientes, simplificaban la rampa con numerosas piezas rectas. Las de la tercera categoría, por su trazado enteramente curvos, eran difíciles de diseñar y más costosas de realizar.

### **Escaleras oblongas y de cubillo**

Se forman alrededor de un hueco muy estrecho y alargado rematado en semicírculos. Tienen cierta analogía con las escaleras de barandilla superpuesta, la cual se aprecia más claramente cuando los descansillos de piso son longitudinales porque aparecen algunos peldaños radiales en las salidas y llegadas que aseguran la continuidad del pasamanos, barandilla y zanca. El problema era que los constructores



**Las barandillas de hierro colado pusieron en evidencia los estrangulamientos de las zancas. Escalera oblonga**

trataban esas curvas como los antiguos pilaretes, es decir, como elementos verticales independientes. Por tanto procuraban limitar la curvatura y eliminar luego las partes angulosas de las uniones. Esta curvatura daba a la rampa una forma más armónica que los pilaretes, por lo que los cuellos de los peldaños radiales podían ensancharse; sin embargo, si el hueco se reducía, las curvas tendían a elevarse fuertemente sin mejoras respecto a modelos anteriores.

La pieza curva resultante parecía un montante biselado arriba y abajo. La continuidad de la estructura y de la rampa se aseguraba, pero la curva, al ser tan pronunciada, se estrangulaba y el pasamanos estaba tan próximo a la zanca rampante que debía ser realizada in situ para no equivocarse.

Las escaleras de trazado oblongo estrechas se encuentran generalmente en obras





Escalera de cubillos

modestas mientras que las anchas, más vistosas gracias a la compensación, no aparecen hasta finales del siglo XVII permitiendo reducir los desniveles de los peldaños radiales. En cualquier caso la continuidad de las curvas de escaleras de tramo oblongo fue difícil de obtener durante una parte del siglo XVII por los peldaños radiales.

Las escaleras de cubillo se introdujeron con facilidad porque los cubillos eran piezas fáciles de labrar: de sección circular vaciada en su interior y cortadas en pendiente para enlazar rampa y pasamanos. Por ese motivo los cubillos tenían una altura cercana a 1,3 m y un radio de curvatura en torno a 0,3 m. Ofrecían las ventajas de los pilaretes pero los inconvenientes de su gran peso y la ruptura visual de la balastrada que se disimulaba en ocasiones con vaciados ornamentales. Su coste, lógicamente, era menor que el resto de las curvas. Por estos motivos se utiliza-

ron profusamente a lo largo del siglo XVII y XVIII.

Como los pilaretes, podían rematarse inferiormente de tres formas: enrasados al techo, descolgándose de la zanca o siguiendo su dirección.

También los cubillos evolucionaron disminuyendo su espesor gracias a mejores ensambles, estilizando a su vez la barandilla y los balaustres aunque nunca bajaban de 10 cm de grueso, incluso en obras sencillas.

### Escaleras de cuatro centros

Son escaleras con un ojo central rectangular, y esquinas curvas con descansillos o peldaños radiales en las esquinas.

La curva se resuelve con piezas de enlace de un cuarto de corona de pequeño radio. Aunque groseramente desbastadas, estas piezas permitían, sin embargo, eliminar quiebros, y lograr una barandilla continua. Aunque la continuidad de la zanca era fácil de obtener las primeras escaleras presentaban un carácter arcaico. Las piezas curvas se colocaban con la fibra vertical. Más adelante pasan a ser inclinadas para evitar las fendas a la vez que se mejoran los ensambles.

Cuando en el cuarto de vuelta se colocan peldaños radiales la pendiente se hace brusca y se necesitan colocar peldaños compensados y curvados. Esta transformación de la planta mejora sensiblemente la continuidad de la rampa y reduce los estrangulamientos de zanca y barandilla.



Escalera de cuatro centros



Escalera de cuatro centros

### Escaleras de estribo

Suponen un salto en complejidad de las escaleras curvilíneas. Como su nombre indica la forma en planta es una curva sensiblemente circular o elíptica, cerrada por un tramo recto transversal que es el descansillo portante. En los modelos arcaicos los distintos tramos se unen a través de pilaretes interrumpidos ligeramente curvados; dos o tres por tramo donde se ensamblan, a caja y espiga,



Escalera en estribo

zanca y pasamanos. Estos pilaretes primitivos se integraban formalmente en la barandilla con un balaustre a cada lado o con sus caras molduradas. Posteriormente se consiguió eliminarlos y unir solo tramos de zanca curvos.

Los escalones rectos se encuentran en la parte rectilínea y los radiales en la parte curva.

### Escaleras curvilíneas

Son escaleras de rampa curvilínea en planta y alzado regular o irregular, incluso con partes rectas. Son las más evolucionadas de las escaleras de doble curvatura.

En razón de su trazado presentan una gran diversidad de formas y funcionamiento.

En comparación con las anteriores, las escaleras curvilíneas representan un progreso importante porque el trazado facilita la distribución de los peldaños radiales con ligeras correcciones (compensado). Las zancas son ya de veta inclinada incluso en curvaturas fuertes. Inicialmente las juntas





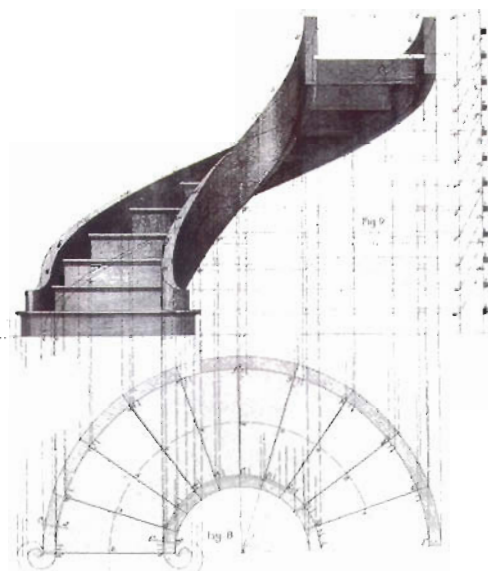
Los ensambles se refuerzan primero con llantas metálicas y después con bulones. Debido al tipo de esfuerzos de esta rampa, los carpinteros debían reforzar especialmente el ensamble entre la zanca y la viga de forjado. Teniendo en cuenta que los cajeados eran grandes, la escuadría de las zancas era importante.

son verticales y con barbilla. Después serán perpendiculares a la rampa. Las escaleras de trazado curvilíneo continuaron su evolución durante el siglo XVIII, pero se desarrollan plenamente en el XIX, especialmente en las escaleras a la inglesa.

### Escaleras elípticas y ovaladas

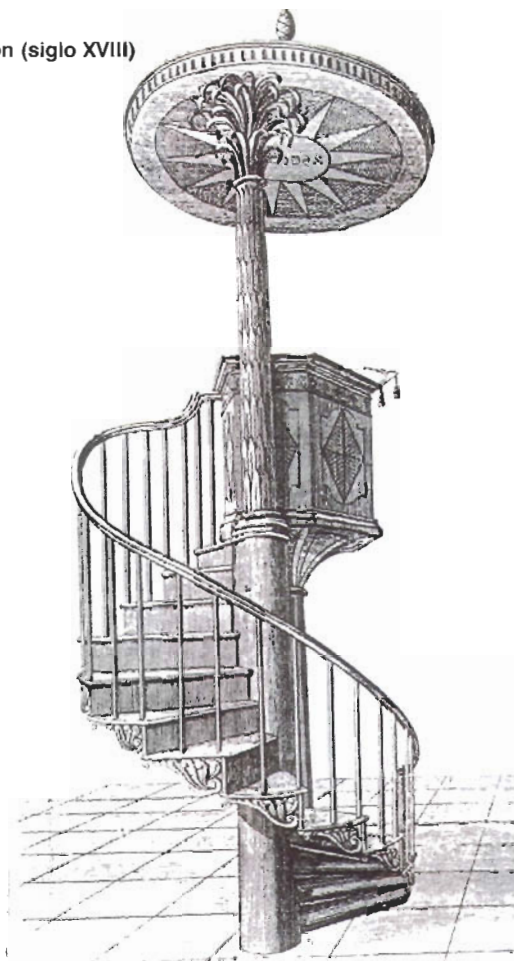
Las escaleras con ojo elíptico u oval, se desarrollan alrededor de una gran viga curva curvada. Inicialmente llevan también pilaretes en los ejes del óvalo o la elipse. Estos limitan el volumen de las piezas curvas de difícil ejecución y enlazan zanca y pasamanos, que trabajan como vigas.

A pesar de la fragilidad de los ensambles, que provocaban ligeros asientos en la escalera, la ausencia de quiebras y estrangulamientos en la zanca, proporcionaba una zanca con bastante rigidez.





Escalera Sheraton (siglo XVIII)

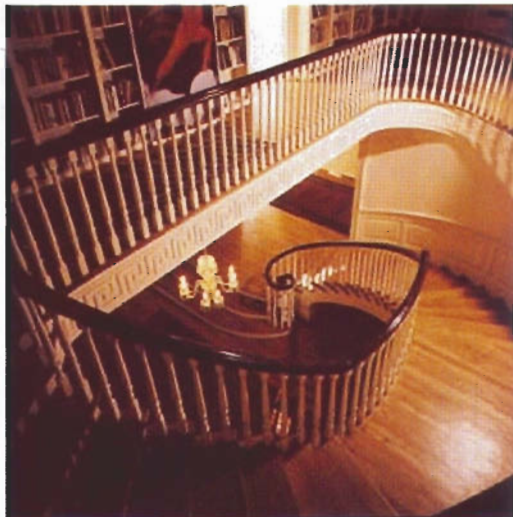


Escalera barroca de un púlpito. Catedral de Tours.

## Escaleras a la inglesa

### del siglo XIX

Parece que estas escaleras tuvieron su origen en Italia pero su mayor desarrollo se produjo en Inglaterra, de donde le viene el nombre, aunque el término bien pueda deberse a la trasposición del término 'inglete' por la forma de corte de la zanca. Se distingue drásticamente de todas las escaleras anteriores por el tipo de zanca, cuya cara superior se corta siguiendo la forma de las huellas y contrahuellas. Hasta ese momento, los peldaños encastraban en la zanca



**Escalera curvilínea a la inglesa**

(zancas a la francesa) formando un conjunto ensamblado. También se las conoce como 'de cremallera' o 'de falsa cremallera', por su perfil dentado, si bien este término crea confusión por denominarse igual que la zanca que va pegada al muro en estas mismas escaleras (la zanca propiamente es la que está al aire, en el lado del hueco).

Fueron estas escaleras, y sus variantes, las predilectas durante todo el siglo XIX hasta su casi desaparición en el siglo XX. Por su forma en planta no se distinguen del resto de las escaleras, las hay rectangulares, curvas de hueco circular, de cuatro centros, ovales, etc. aunque las más frecuentes son las oblongas. Sin embargo las más vistosas son las ovaladas, que se colocan con su eje mayor perpendicular a la viga de descansillo. En estas escaleras se aprecian importantes transformaciones constructivas y técnicas.

Las zancas presentan un aspecto más ligero, muy diferente de la pesadez de las zancas a la francesa.

Los peldaños inicialmente se apoyaban por un lado en la zanca y por otro se empotraban en el muro, hasta que se introdujo la zanca de pared o cremallera.



**Escalera ovalada a la inglesa**



**Clásico perfil de escalera a la inglesa**





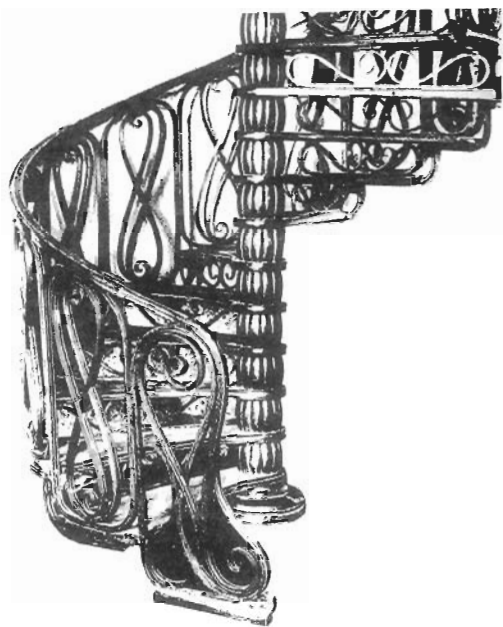
Escalera metálica de estilo isabelino. Casa de pisos en Cádiz (1871)

## Las escaleras mixtas

### del siglo XIX

A comienzos del siglo XIX, todas las escaleras se construían con rampas de madera y barandillas de hierro colado o forjado. Sin embargo la Revolución Industrial va a propiciar la introducción de las escaleras casi totalmente metálicas, y la madera quedará sólo para las huellas, forros, pasamanos y otras funciones decorativas.

El desarrollo de los grandes procesos



Escalera prefabricada Thonet en madera curvada de haya (1875)

metalúrgicos comenzó en Europa en 1855 con la obtención del acero por el convertidor Bessemer. El afinado de éste se desarrolló en 1865 permitiendo fabricar masivamente los perfiles y las chapas en la construcción, lo que propició un nuevo tipo de arquitectura.

En la fabricación de escaleras se introdujeron también los métodos industriales. Como ocurre en cualquier transición de estilos, las primeras escaleras metálicas reproducían los patrones de las escaleras de madera máxime teniendo en cuenta que, en general, fueron los propios carpinteros de la madera quienes se pasaron al hierro adaptándose a los nuevos vientos que corrían. Quizás también por ello se siguieron respetando los desarrollos más clásicos: formas oblongas, de cuatro centros, curvilineas, etc. diferenciándose sólo por la zanca de chapa metálica dentada y la cremallera del mismo material.

Inicialmente estas escaleras fueron 'a la inglesa' con zanca y contrahuellas de chapa metálica reservándose las huellas



de madera.

Las primeras escaleras mixtas eran sencillas y su evolución tecnológica se limitaba a las uniones roblonadas, posteriormente soldadas. Los perfiles podían curvarse muy fácilmente y su escasa sección facilitaba las uniones.

El desarrollo de la carpintería metálica fue mayor en las grandes ciudades pero el desplazamiento de las escaleras de madera fue más lento en las pequeñas poblaciones.

Las escaleras mixtas a la francesa pretendían superar el aspecto de fragilidad y sencillez añadiendo suntuosidad, según los gustos de la burguesía de finales de siglo XIX.

Se distinguían tres concepciones de la zanca: metálica y revestida de estuco imitando piedra; dos cordones de madera, moldurados a la manera clásica, unidos mediante chapas metálicas; y dos planchas entre las cuales se encajaba el peldañado de madera (la más funcional y extendida).

### Escaleras neoclásicas y neogóticas

Como agotamiento de las escaleras a la inglesa y por reacción a la relativa pobreza formal de los estilos anteriores se produjo, a mediados del siglo XIX, una vuelta a los estilos historicistas coincidiendo con las primeras grandes restauraciones de edificios históricos y los tratados de la historia de la Arquitectura (especialmente influyente fue la labor de Viollet le Duc). Se trataba con ello de paliar la decadencia artística que traía consigo la industrialización. El debate se centró básicamente entre los partidarios de la Antigüedad clásica (academicistas) y los de la medieval (especialmente goticistas). En las escaleras el estilo Neoclásico se caracterizaba por el uso de empanelados en los forros, las molduras geométricas y los balaustres de bulbo de las barandillas, mientras el Neogótico, por el panel engargolado y los arcos trilobulados. El resultado final no fue un estilo puro sino



Escalera de la casa Batlló (1905). Antonio Gaudí

una mezcla de repertorios formales antiguos y actuales.

Sólo al final de siglo aparece, como reacción a este eclecticismo, un estilo verdaderamente original: el Modernismo. El modernismo da mucha importancia a las escaleras, como al resto de la carpintería. Dominan las escaleras de hierro colado, material que se presta bien a sus formas ondulantes, pero también se encuentran hermosos ejemplos de realizaciones en madera.

El Art Nouveau se caracteriza por un repertorio ornamental inspirado en la Naturaleza donde destaca especialmente Gaudí.

Un ejemplo anecdótico pero de gran interés lo constituyen las escaleras Thonet de haya curvada.

A principios de siglo se produce un cambio hacia las formas más geométricas del Art-Déco, con una ornamentación que destaca casi exclusivamente sus barandillas con elementos decorativos singulares.

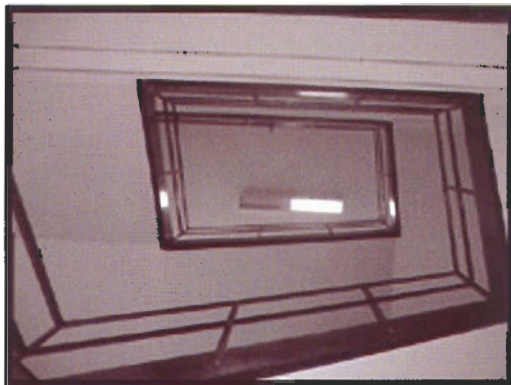


Le Corbusier. Escalera de Villa Savoie (1931)

## La revolución del siglo XX

Una vez pasados los citados estilos decorativistas de transición entre el siglo XIX y XX desde los años 30 se impusieron las escaleras de hormigón armado, material moldeable que produce una continuidad total de la rampa, mientras la madera queda relegada como mucho al peldaño y al pasamanos. El necesario equilibrio entre las exigencias de iluminación, planta y presencia en fachada, que había marcado la ubicación de las escaleras desde el siglo XVII, desaparece en el siglo XX por razones más de orden técnico que estético.

En primer lugar, los nuevos materiales permiten reducir al mínimo el espesor de las rampas y el número de apoyos. Por otra parte, los medios artificiales de ilumi-



Mies Van der Rohe. Instituto Tecnológico de Illinois (1956)

nación hacen innecesaria la luz natural y finalmente el desarrollo del ascensor relega a la escalera a un papel secundario.

El Movimiento Moderno, el estilo arquitectónico más importante del siglo, prescinde de los elementos exclusivamente ornamentales y persigue una mayor sinceridad y funcionalidad de los elementos constructivos. Utiliza la escalera en planta como elemento ordenador del espacio y en ocasiones permite su aparición en fachada marcando su volumen o sus huecos con intenciones compositivas de gran vigor como ocurre de forma patente con Le Corbusier, uno de los padres del racionalismo. La escalera racionalista se caracteriza por sus barandillas opacas de obra o por su estética naval, a base de franjas metálicas horizontales pintadas de blanco que dan una imagen muy ligera y aseada. Se rematan con pasamanos de madera. Tipológicamente no existe una escalera paradigmática pero llama la atención la recuperación de las incómodas escaleras de caracol que ocupan un papel emblemático en el Movimiento Moderno. La madera desaparece de las escaleras hasta los años 40 (antes en algunos casos particulares, véase Villa Mairea de Alvar Aalto) gracias al desarrollo de un nuevo material, la madera laminada.





**Alvar Aalto. Escalera sobre pilotes de madera (inicialmente pensados de bambú) y peldaños de madera laminada. Villa Mairea (1938)**

### **Escaleras de madera laminada**

Estas escaleras se caracterizan porque aprovechan la posibilidad de moldear la madera en zancas y peldaños con resultados competitivos con el hormigón.

Se trata de una tecnología íntimamente ligada al progreso de las técnicas de encolado, que permitía unir láminas contra una plantilla o camón. Tiene como ventaja, frente a la madera maciza, su economía de materia prima, su estabilidad y su mayor resistencia. Además sus aplicaciones son casi ilimitadas ya que resuelve muy bien cualquier forma en doble curvatura pudiendo superar en



**Escalera helicoidal de madera laminada**

facilidad al moldeado del hormigón sin contar con la ventaja de ser un sistema seco. Liberados de las limitaciones de las grandes secciones y del movimiento de la madera pudo ésta evolucionar fuera de la caja tradicional como un elemento estructural autónomo.

Las escaleras de madera laminada conocieron un gran desarrollo y adquirieron muy pronto carta de naturaleza en la construcción contemporánea. Aprovechando las grandes posibilidades que ofrecía el nuevo material, se tendía a diseños con grandes ardes estructurales, en detrimento a veces de la estética o funcionalidad del elemento.

Las curvas, las variaciones de sección y la diferente coloración de las láminas ofrecen una estética arquitectónica diferente de la madera maciza siempre que se ha diseñado en su conjunto, no sólo atendiendo a sus excelencias estructurales.



**Escalera racionalista. Dominicos de Alcobendas. Miguel Fisac, 1955.**





Escalera de zanca chapa laminada con acabado de chapa noble

### Escaleras de chapa laminada y alistonadas

Junto a las escaleras de madera laminada, se han desarrollado tanto o más que aquellas, las de chapa laminada o contrachapado curvo, una técnica que se adaptaba con facilidad y economía tanto a las zancas clásicas como a las modernas, y accesible a pequeños talleres de carpinteros, ebanistas y artesanos sin grandes instalaciones.

La nueva técnica fue posible gracias a la tecnología industrial del desenrollado y de los modernos adhesivos. La posibilidad de acabar con chapa decorativa (la que queda vista como madera noble), ha sido una gran solución frente a la escasez y carestía de la madera maciza.

### Escaleras en sistemas de entramados ligeros de madera

Como consecuencia del desarrollo y expansión del sistema norteamericano de



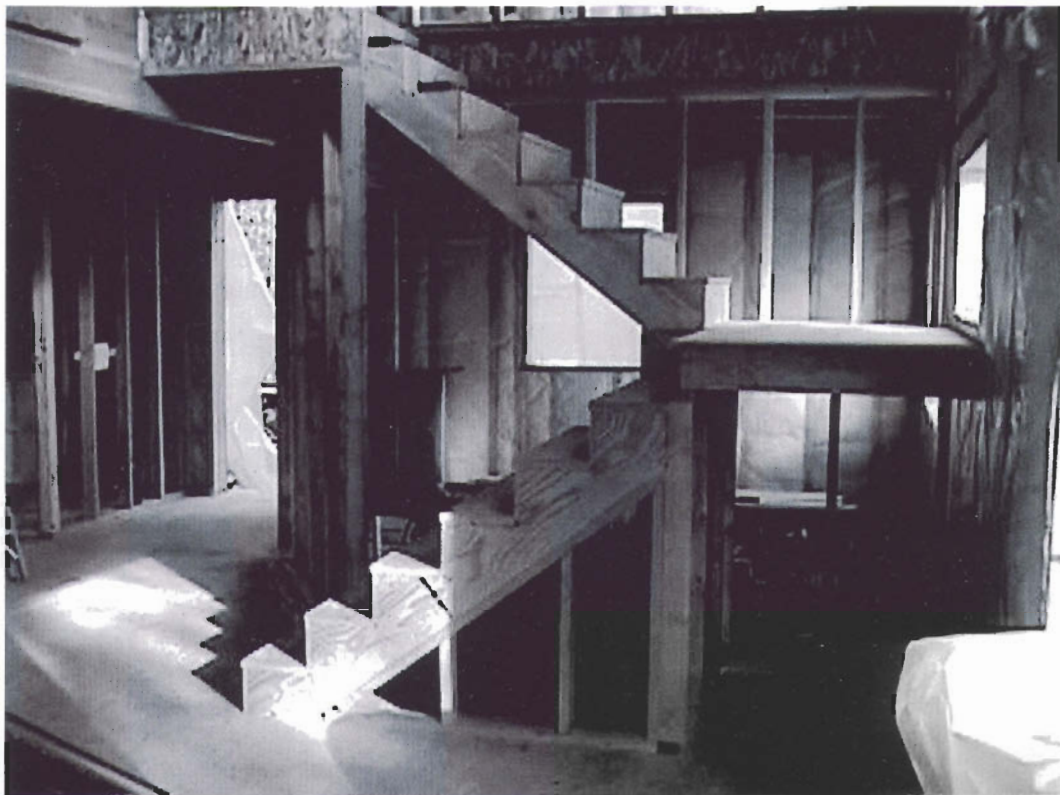
Escalera con zanca alistonada

entramado ligero, se ha desarrollado un sistema muy homogéneo de construcción de escaleras de madera. Se trata de soluciones sencillas, ligeras, estandarizadas y con pocas variantes, con las que se obtienen escaleras con apariencia final agradable. Normalmente siguen estilos historicistas (aunque domina la escalera a la inglesa, con su barrotaje estilizado).

Al tratarse de un sistema constructivo muy estandarizado, se economiza al máximo el material y su construcción es sencilla pudiéndose ejecutar por los propios carpinteros de armar a base de tableros, madera aserrada dimensionada, conectores, herrajes y clavos.

Se construyen indistintamente zancas a la francesa, o ensamblada, y a la inglesa. La primera es estructuralmente más autónoma, con menos secciones de madera pero requiere más mecanizado.

Las escaleras a la inglesa tienen la ventaja de que se pueden construir in situ de una manera muy sencilla.



Escalera a la inglesa en sistema de entramado ligero a base de tablero contrachapado estructural. Su construcción in situ es muy sencilla

### Escaleras prefabricadas

La tecnología actual ha permitido desarrollar maquinaria específica para la realización completa de escaleras diseñadas por ordenador.

Se trata de escaleras técnicamente correctas pero que a veces resultan de aspecto pobre por la dificultad de introducir esas pequeñas correcciones visuales y de diseño que hacen que una escalera sea atractiva, aunque por otra parte suelen liberarse de posibles fallos de diseños demasiado atrevidos.

La escalera más habitualmente prefabricada es la de caracol, especialmente con madera laminada. Normalmente se arma por superposición de partes cilíndricas de madera que forman el núcleo con tirante metálico.



# Diseño de escaleras

## Partes y elementos

Las partes de la escalera son fundamentalmente la zanca, los peldaños, los descansillos, los forros o cerramientos, las barandillas, el pasamanos, y los pilaretes y cubillos. A continuación se analizan cada uno de ellos.

## Zanca

Es la viga longitudinal inclinada, recta o curva, que soporta la escalera.

Es difícil establecer una clasificación de las zancas que aúne criterios históricos,

estructurales, formales y constructivos. A continuación se presenta su evolución de una forma simplificada.

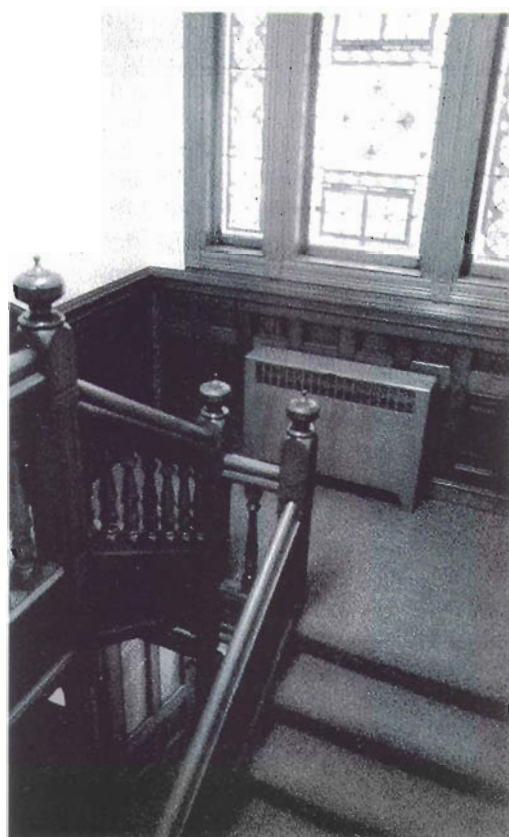
## Zancas a la francesa

Son zancas que presentan rebajes en su canto para que encaje el peldañado, formando así un conjunto ensamblado. Aparecen en los siglos XVI-XVII y llegan hasta nuestros días. Se caracterizan por la necesidad de pilaretes de enlace entre los tramos: éstos primero fueron continuos en toda la altura y más tarde discontinuos o interrumpidos.

Los primeros pilaretes eran de grandes escuadrías (en torno a 15-20 cm de lado) en relación a las zancas (en torno a 25 cm de canto); repartían la carga soportada, pero estaban descompensados de tamaño respecto a zancas, balaustres y barandillas.

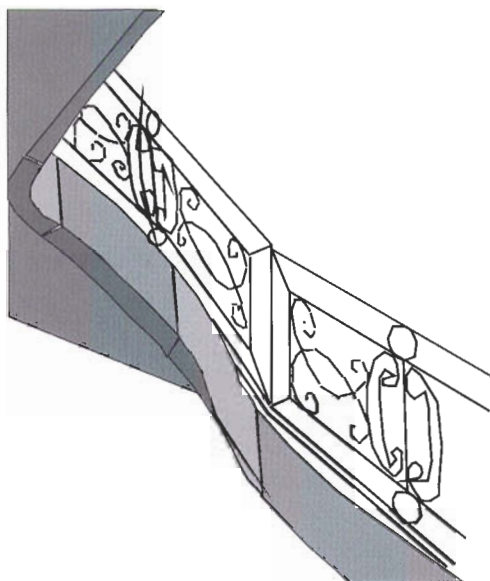
Los pilaretes presentaban una ornamentación recargada (molduras en cuartos de bocel, bolas y collarinos) y enlaces curvos que contribuían a rigidizar el conjunto y evitar la torsión pero que interrumpían la continuidad con numerosos resaltes y aristas.

Las piezas se unían a caja y espiga (a veces con embarbillado) y en la mayoría de los casos se aseguraban con clavijas



Aspecto típico de las zancas a la francesa de pilaretes interrumpidos. Las escuadrías de ambos elementos se aproximan, por razones más constructivas que de reparto estructural de las cargas. En la imagen, escalera Tudor





En las primeras curvaturas rudimentarias de la zanca se aprecia la falta de continuidad del trazado

transversales.

La forma curva de los enlaces, parecida a los jabalcones, condicionó formalmente las escaleras a la francesa hasta el siglo XVII.

Los pilarotes de arranque en la misma línea ornamental de los pilaretes contribuían con su gran sección a la rigidez de la zanca de arranque.

En el siglo XVII las zancas a la francesa evolucionaron hacia el descansillo portante y en los siglos XVIII y XIX se adaptaron lentamente a los tramos curvos gracias a las mejores herramientas de trazado y corte que proporcionaban ensambles más precisos

Los primeros tramos curvos tenían falta de continuidad en las líneas de tensión y transiciones bruscas.

A pesar de superponerles una platabanda metálica en su cara inferior, estas zancas no resistían bien las sollicitaciones y tendían a fendarse verticalmente. Estas fendas advertieron a los constructores dónde debían colocar las juntas y se empezaron a rematar, con piezas de doble curvatura, los tramos rectos. Así vieron que



Aspecto habitual de una escalera a la francesa: la zanca presenta siempre el mismo canto, donde encaja el peldaño

la multiplicación de juntas no perjudicaba la solidez de la rampa ni entrañaba un coste adicional de fabricación.

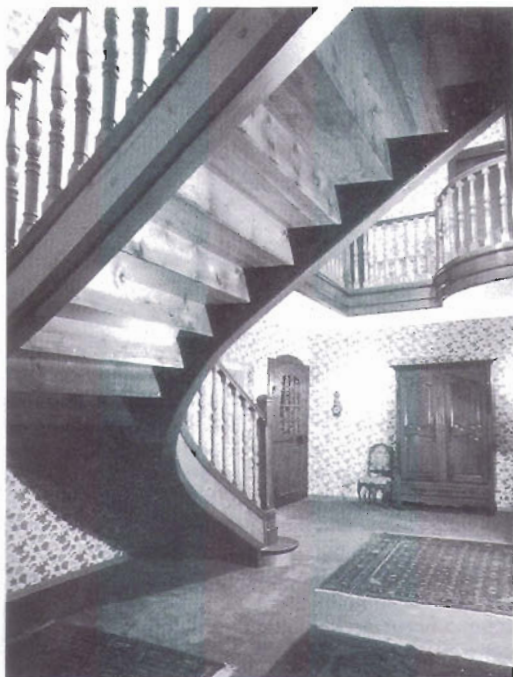
Sin embargo las zancas totalmente curvas no se desarrollaron adecuadamente hasta la introducción de los peldaños compensados y curvos gracias al trazado con plantilla flexible.

En el siglo XIX la zanca a la francesa sufre un claro retroceso frente a la zanca 'a la inglesa' pero en el siglo XX encuentra de nuevo un hueco en los sistemas de entramado ligero ya que se adapta muy bien a su filosofía estructural. Con los sistemas de mecanizado actuales su ejecución es relativamente sencilla y el gasto de material, bajo.

### **Dimensionado de la zanca a la francesa**

Debido a los cajeados para el peldaño y el moldurado de las caras, los diseños primitivos tenían escuadrías elevadas (de 8 a 15 cm de grueso y de 32 a 35 cm de canto) aunque fueron disminuyendo con el afinado de los ensambles.

Las que se fabrican actualmente son de unos 25 a 32 mm de grueso por 240 a



Vista desde abajo se aprecia el peldañoado ensamblado

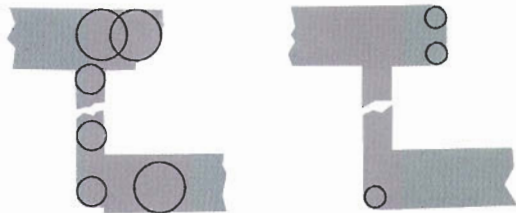
290 mm de canto.

En el canto se dejan unos 25-30 mm sobre la silueta del peldañoado, y unos 20 mm por debajo. El rebaje suele ser de unos 20 mm de profundidad y actualmente se realiza con máquina portátil. Cuando se realizaban a mano se empleaba una barrena que se desplazaba por el perfil se y remataban los bordes con formón.

### Unión entre peldaños y zanca a la francesa

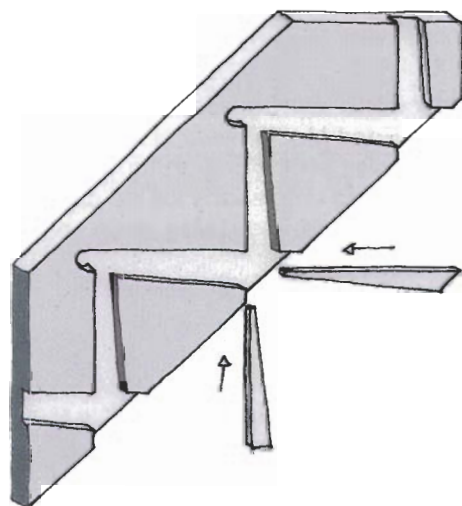
Las huellas y contrahuellas sirven como medios de unión entre las dos zancas, atravesando parcial o totalmente su grosor y contribuyendo a la rigidez del conjunto, ya que la escalera no se apoya lateralmente en la pared como ocurre con las zancas a la inglesa.

Los peldaños compensados requieren más cajeado y sus encuentros inclinados pueden debilitar la zanca. Como soluciones de refuerzo se acude a una coda solapada y al acuñado del peldaño en la zanca.

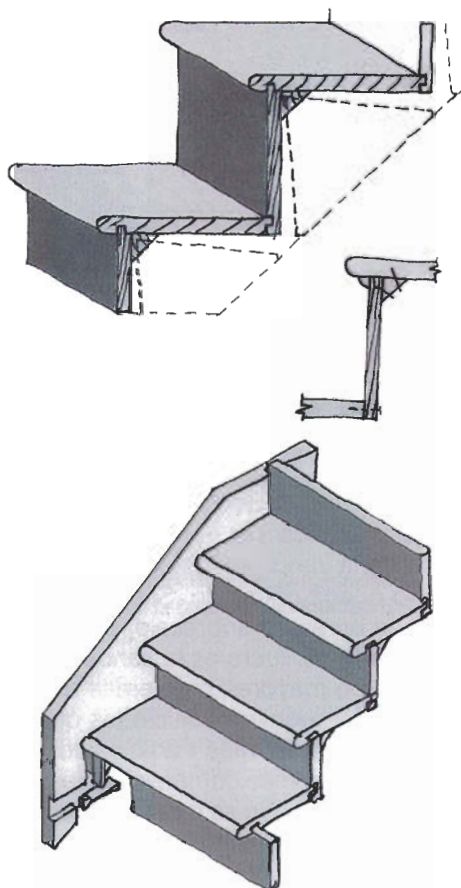


Entalladura de huellas y contrahuellas en una zanca a la francesa con ayuda de berbiquíes

Hay que tener en cuenta que la retracción de la madera al secarse puede producir un 'juego' entre las huellas y la zanca. Además de utilizar madera bien seca o productos no sujetos a retracción, como el contrachapado, se pueden añadir fijaciones o sistemas mecánicos de apoyo. Un caso particular de zancas a la francesa es el de zanca a la molinera\*. Si el grosor de la zanca es suficiente, el peldaño queda encajado. Si no lo es, la espiga se engrasa o sobresale, pasante. La escalera a la molinera es la zanca a la francesa con mayores problemas de rigidización y requiere soluciones que van desde las técnicas más tradicionales hasta las mixtas más complejas. El empleo de listones de apoyo se reserva para obras de baja calidad y cuando la escalera pueda ir cerrada por debajo.



Cajeado de la zanca y entrada de las cuñas de apriete del peldaño

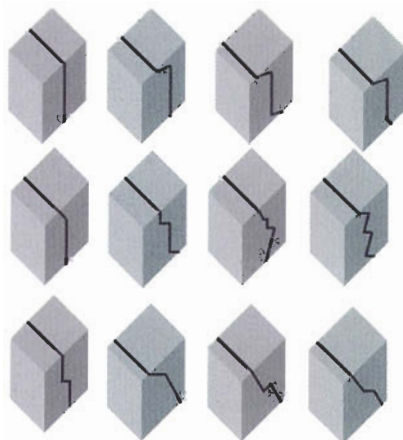


Empleo de una coda triangular clavada o encolada como rigidización complementaria del peldañeado

### Juntas en la zanca a la francesa

Desde la Edad Media hasta el siglo XVIII los ensambles evolucionaron muy poco, siendo los más empleados los de caja y espiga, con enclavijado. Más tarde se introdujeron llantas metálicas y bulones después, con junta totalmente vertical. La junta vertical, proveniente de las escaleras de pilaretes, se aplicó también a las escaleras curvas. Aunque poco sólidas, estas juntas eran de fácil trazado y ejecución.

A comienzos del siglo XVIII al corte vertical se le empezó a añadir un embarbillado en la parte superior para apoyar mejor las piezas y oponerse al



Diversas juntas en las zancas de escaleras curvas: junta vertical; junta vertical + barbilla superior; junta vertical con barbilla superior e inferior; juntas verticales con barbilla horizontales o perpendiculares a la pendiente; juntas quebradas con barbilla horizontales; junta vertical con reposo horizontal; junta perpendicular a la pendiente con barbilla en pendiente y junta perpendicular a la pendiente con reposo horizontal. Fuente: Les compagnons du Devoir.

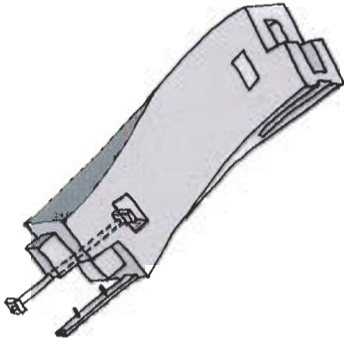
deslizamiento. Después apareció, por progresión lógica, una barbilla inferior destinada a aumentar la capacidad portante horizontal del ensamble, y más tarde otras barbilla intermedias, perpendiculares a la rampa.

Debido a la debilidad de las barbilla, los constructores buscaron mejorar la resistencia con cortes a media altura y ligeramente biselados.

Pero el debate principal era si la junta debía ser vertical o perpendicular a la pendiente, decantándose finalmente los carpinteros por este último tipo, con posibles barbilla y repisas intermedias. La oposición al deslizamiento proporcionado por las barbilla resultaba de utilidad pero hubo que esperar a los bulones como solución definitiva para cerrar la junta ya que éstos ejercían una presión más lógica entre las partes consecutivas de la zanca.

Aunque el principio de las tuercas en piezas metálicas era conocido desde la Edad Media el empleo de bulones roscados para el apriete de piezas curvas





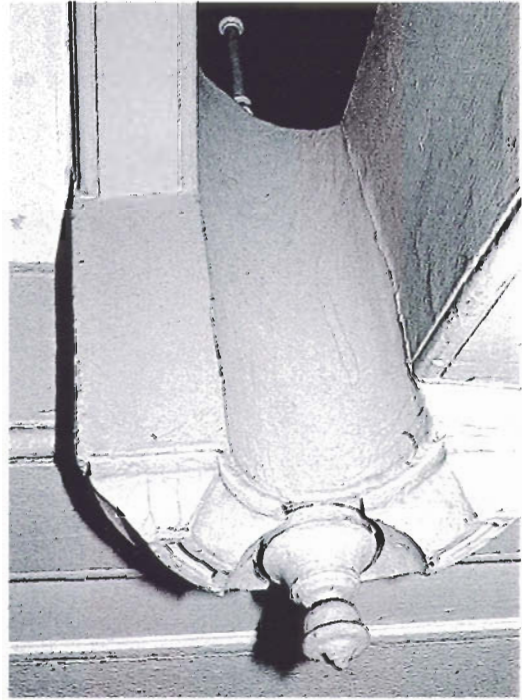
Pieza de una zanca curva con bulones roscados de apriete perpendicular a través de cazoletas que se tapan posteriormente. Adicionalmente se ha añadido una platabanda inferior

de madera no se aplicó hasta siglo XVIII.

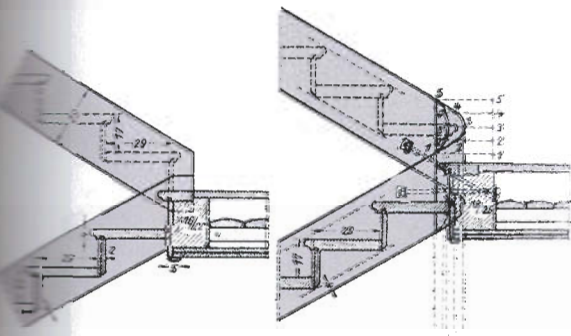
### Apoyos de las zancas a la francesa

En las primeras escaleras el arranque se apoyaba en la solera a través de un peldaño de piedra o láminas de madera para evitar absorber los esfuerzos de cizalladura.

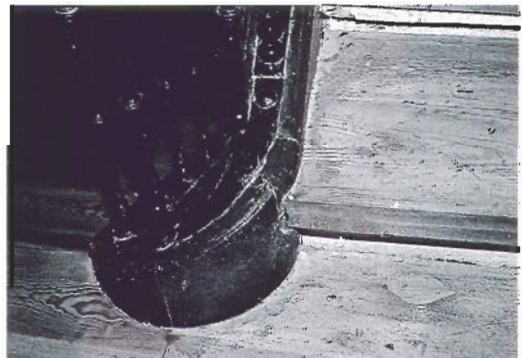
El desembarco apoyaba inicialmente en la viga o brochal con barbilla o a través de un pilarete a caja y espiga. En algunos casos apoya simplemente a tope sin fijación por su trabajo a compresión. Actualmente la fijación al forjado, normalmente en casas de entramado de madera se resuelve sirviéndose de herrajes de cuelque convencionales.

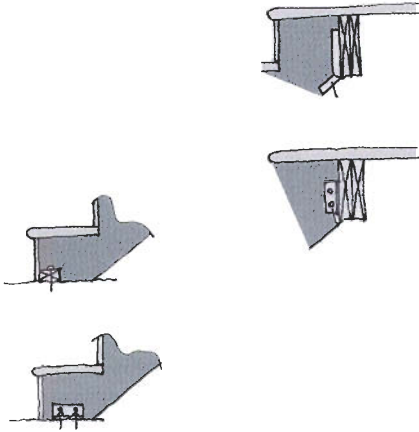


Apoyos sobre piezas descolgadas de zancas a la francesa en escaleras del siglo XIX



Los dos tipos de apoyos clásicos





Apoyos de zancas a la francesa en escaleras de entramados de madera



Apoyo rudimentario en barbilla que es válido aquí por la simplicidad de la escalera

### Ornamentación de las zancas a la francesa

Hasta el siglo XVII las zancas no ofrecían nada formalmente destacable salvo las aristas rematadas con molduras simples. En cambio en el siglo XVIII se da mucha importancia a la decoración de las caras. Como estas zancas empleaban fuertes secciones, se podían realizar rebajes profundos en forma de cimacio, cuadrado y bocel siguiendo los motivos ornamenta-

les de pilaretes y barandillas.

Cuando las escuadrías fueron disminuyendo, el moldurado tuvo que reducirse a las aristas o a una de las caras, sobre la que se siluetean los motivos decorativos (por ejemplo plafones o medallones renacentistas o neoclásicos).

En el siglo XIX la decoración experimenta un claro retroceso, aunque no desaparece completamente.

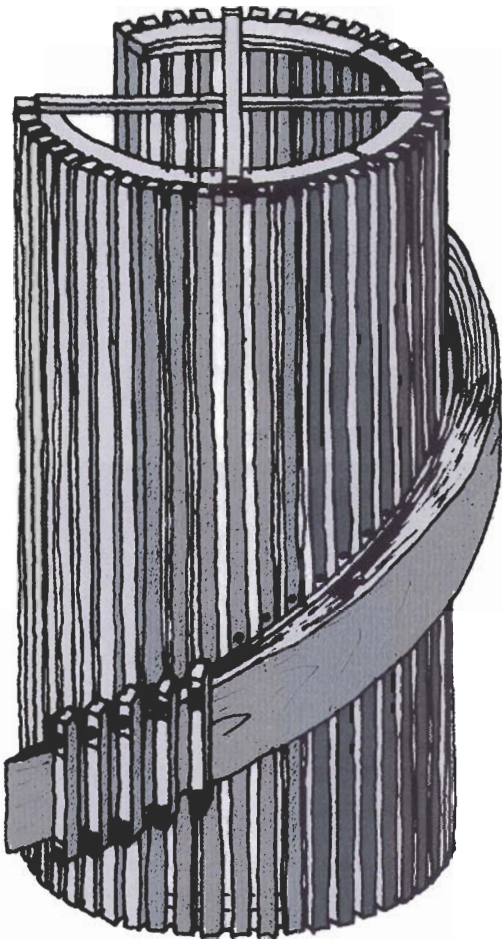
Actualmente la zanca se decora escasamente salvo que se imiten estilos clásicos, en cuyo caso lo más normal es utilizar molduras superpuestas.

### Construcción de zancas a la francesa actuales

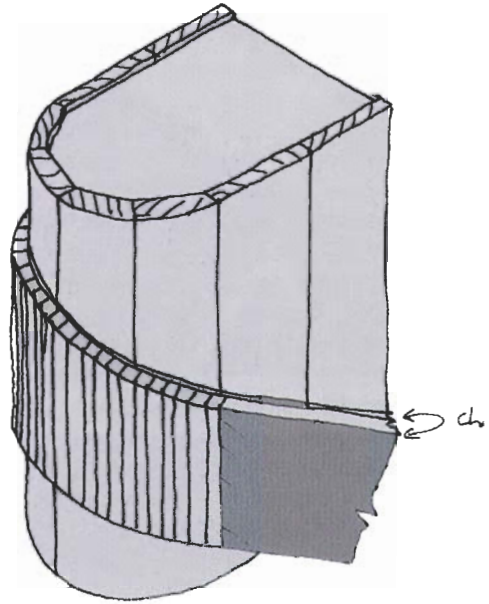
El desarrollo relativamente reciente del tablero alistonado, de la madera laminada y del microlaminado ha permitido realizar zancas a la francesa curvas de una manera barata y sencilla con un acabado de chapa noble.

Las de entramado ligero utilizan secciones normalizadas de madera aserrada.

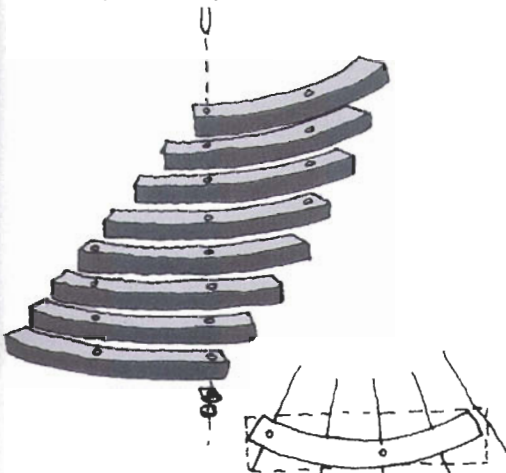




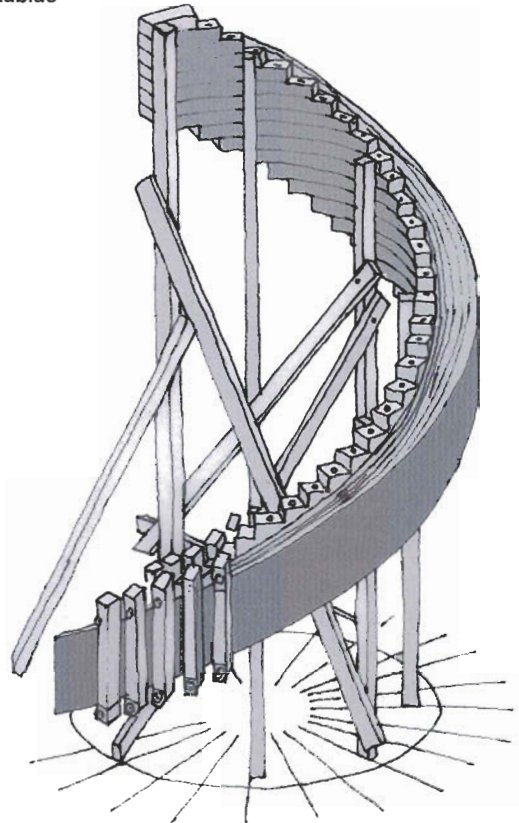
Camón formado por listones verticales en cuyos huecos pasan los pernos



Zanca alistonada formada sobre un armazón de tablas

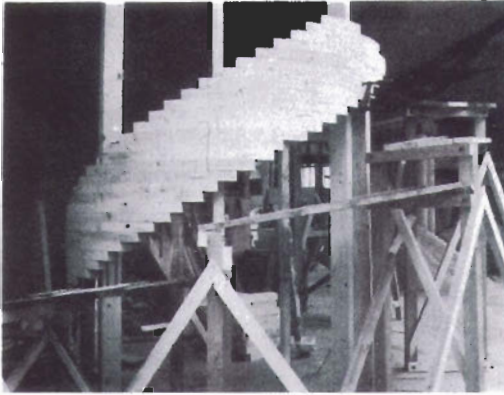


Forma de armar un camón a base de costillas atadas con bulones

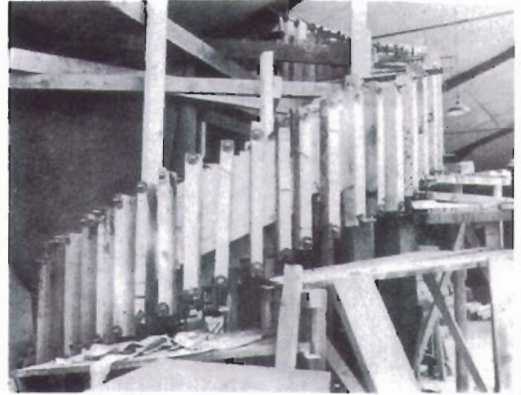


Armado de la zanca sobre el camón

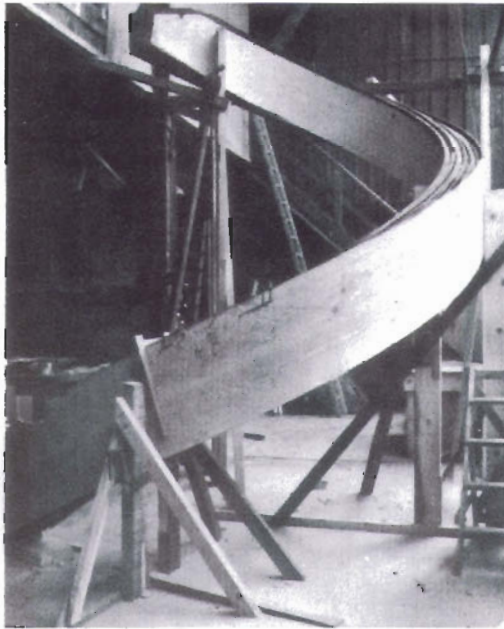




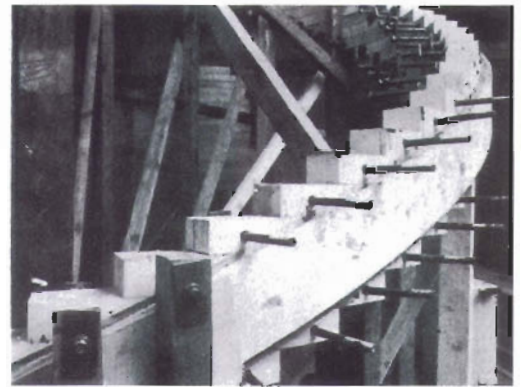
Formación del camón con costillas



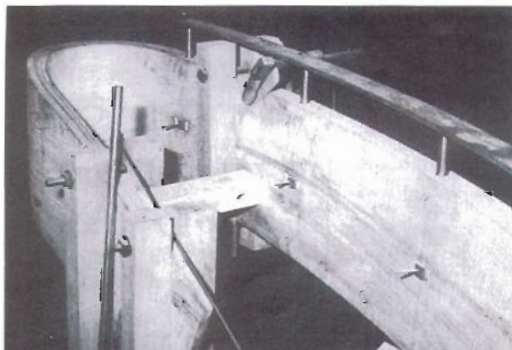
Apriete de los sargentos



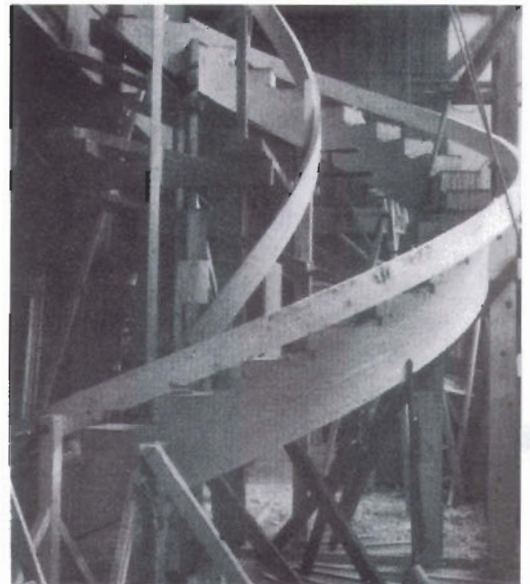
Resultado final de la zanca



Detalle de la ubicación de los pernos roscados que sirven para dar presión a las chapas



Otra zanca formada por laminado



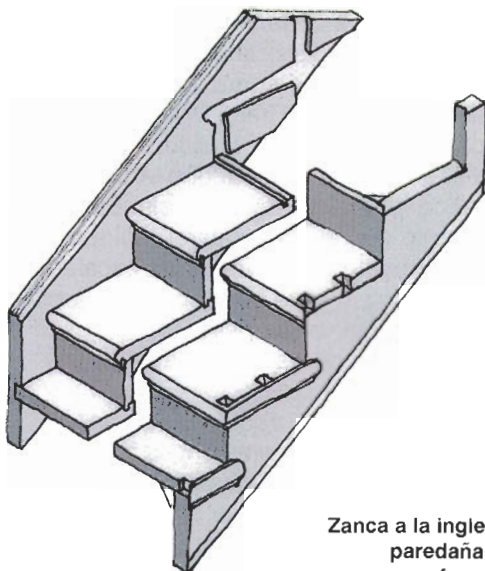
Armado del pasamanos siguiendo la guía de la zanca

# Zancas a la inglesa

Son vigas con el borde superior dentado para servir de apoyo a huellas y contrahuellas. Las zancas a la inglesa, por desarrollarse durante el siglo XIX, son generalmente de planta curva, lo que plantea problemas nuevos en en las juntas y en el reparto de los balaustres. Las zancas a la inglesa se impusieron a las de a la francesa por su facilidad constructiva y porque liberaba formal y constructivamente la barandilla dando a las escaleras un aspecto más airoso.

## Dimensionado de las escaleras a la inglesa

Su espesor es inicialmente superior al de las escaleras a la francesa por tener menor rigidez: requería gruesos de 60 a 80 mm con un canto libre de 120 a 150 mm en el núcleo de la viga. En esta cara inferior



Zanca a la inglesa y paredaña a la francesa



Aspecto clásico de una zanca a la inglesa: silueteado dentado y la huella que se marca lateralmente con un moldurado importante



se fijaba el revestimiento inferior que ocultaba los bajos.

### **Uniones de los peldaños con las zancas a la inglesa**

Las contrahuellas, para ocultar su canto lateral, tienden a cortarse en inglete, al igual que el cara vertical de esos dientes. Las huellas reposan sobre la parte horizontal del diente. Es frecuente que la zanca incorpore una entalladura lateral para el encaje de un pequeño vuelo lateral de la huella llamado oreja. Esta oreja junto con el vuelo lateral moldurado es un elemento distintivo de las escaleras a la inglesa que sirve para ocultar la junta y mejora la rigidez del peldaño.

Este mismo efecto también se logra ensamblando la huella a caja y espiga y sobreañadiendo un perfil moldurado, atornillado. Estaríamos entonces ante una zanca mixta francesa-inglesa.

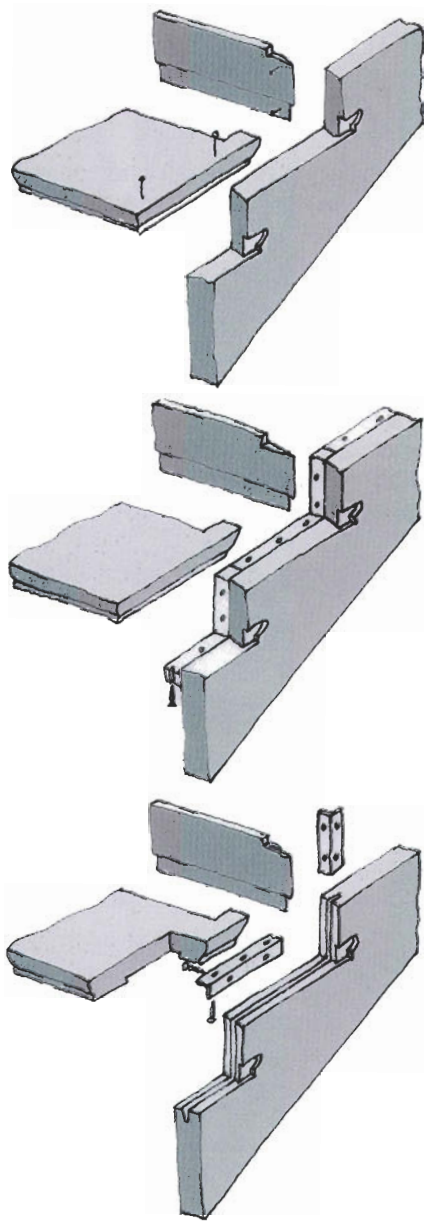
Huellas y contrahuellas se encajan entre sí mediante ranuras y cajeados.

Los peldaños se fijan a la zanca con medios mecánicos convencionales: clavija o falsa espiga encolada, atornillado, clavado, angular metálico por la cara interior, rastrel o taco sobre el que se encaja la huella con ranurado previo o cajeadado.

Si la escalera tiene revestimiento por debajo, se pueden utilizar, además, tirantes metálicos que mejoran la rigidez del conjunto. Los tirantes tienen los extremos roscados con tuerca sobre una chapa o una pletina acodada en la cara interior de la zanca.

### **Juntas en la zanca a la inglesa**

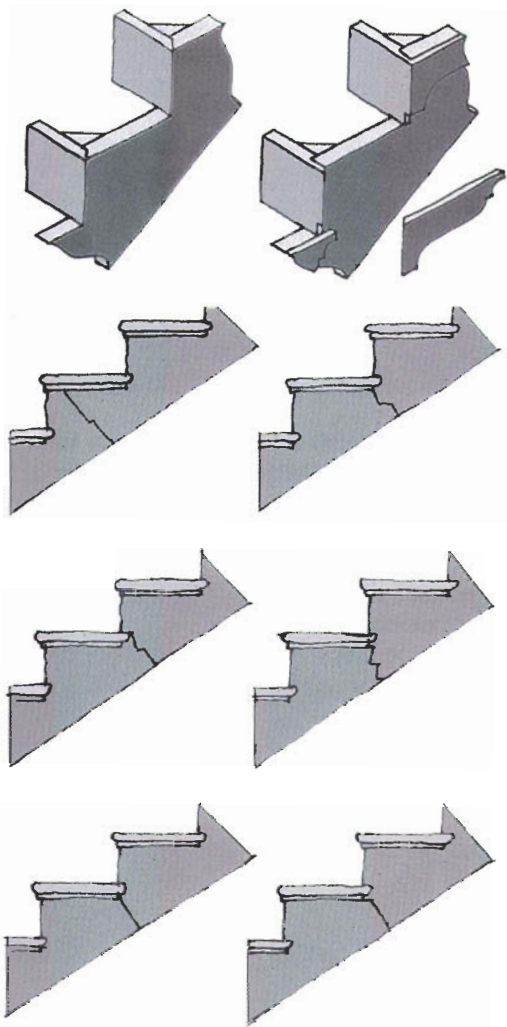
La junta perpendicular con barbillas y repisas es la clásica del siglo XIX. Su único problema es lo delicado de su ejecución por los resaltes de las repisas. Por otra parte las barbillas y las espigas en los extremos exigían un sensible aumento del volumen de madera en las escaleras curvas. Por eso los carpinteros introdujeron falsas espigas que aseguraban el encaje.



Diversas variantes del ensamble biselado de huellas y contrahuellas sobre la zanca en escaleras a la inglesa: clavado directo sobre la zanca; atornillado sobre listones o calces o angulares metálicos. (Les Compagnons du Devoir)

La zanca se transforma así en una sucesión de elementos empalmados a testa cuya solidez sería insuficiente sin la introducción de bulones metálicos en cada empalme, generalmente en la dirección de la pendiente.





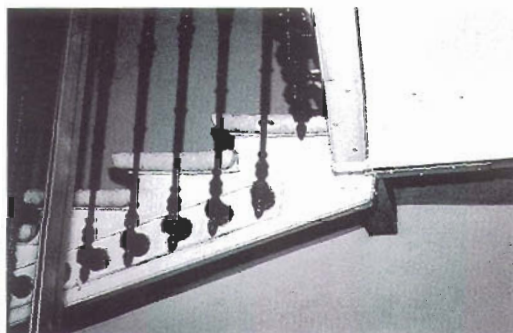
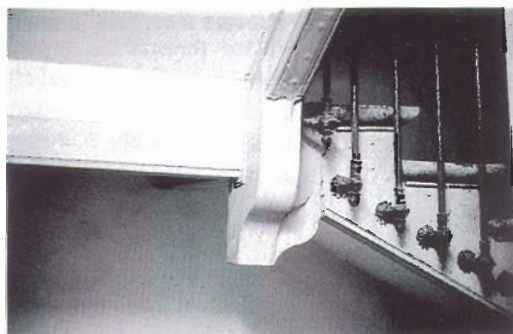
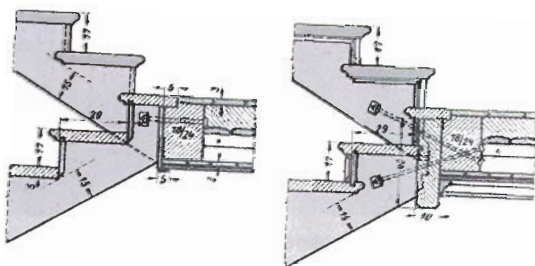
Diversas juntas en las escaleras a la inglesa: perpendicular a la rampa a la altura de una huella. En el resto, coincidiendo con una contrahuella, con repisas horizontal y en pendiente, con barbilla y vertical con repisas. (Les Compagnons du Devoir)

En el arranque de cada tramo, la junta entre zanca y viga de descansillo tiene una repisa o barbilla que actúa como tope y apoyo frente a los esfuerzos de compresión. Por contra, en el desembarco, la junta suele ser un corte vertical porque la zanca se «cuelga» de la viga de descansillo.

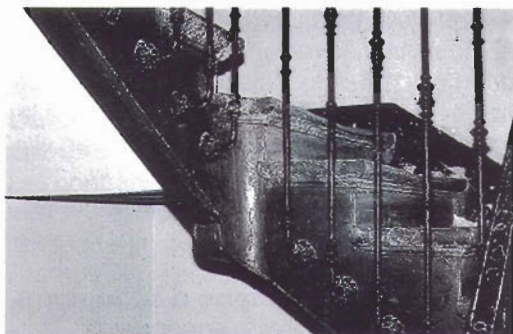
Aunque la junta dentada es la más corriente, no es la más racional por la complejidad de su trazado y ejecución, además de no ser la más resistente. En las zancas a la francesa se justificaba porque evitaban el posible alabeo. En las escaleras a la inglesa no tienen sentido ya que las juntas no se ven por debajo.

### Apoyos en las zancas a la inglesa

Los apoyos en soleras, arranques y desembarcos son del mismo tipo que las escaleras a la francesa.



Descolgamientos para mejorar el apoyo de las zancas a la inglesa



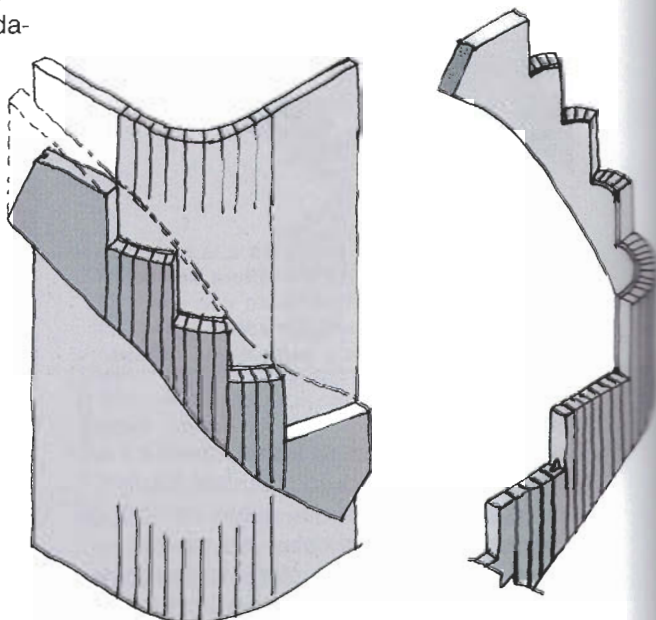
Apoyos en en escaleras a la inglesa con perfiles más suavizados (Siglo XIX)

### Construcción de las zancas a la inglesa con tablero alistonado

Como en el caso de las zancas a la francesa, el desarrollo reciente de la tecnología del tablero alistonado, el laminado y la madera laminada encolada ha permitido realizar zancas a la inglesa de una manera barata y sencilla. Requieren un acabado con chapado noble.

### Ornamentación de las zancas a la inglesa

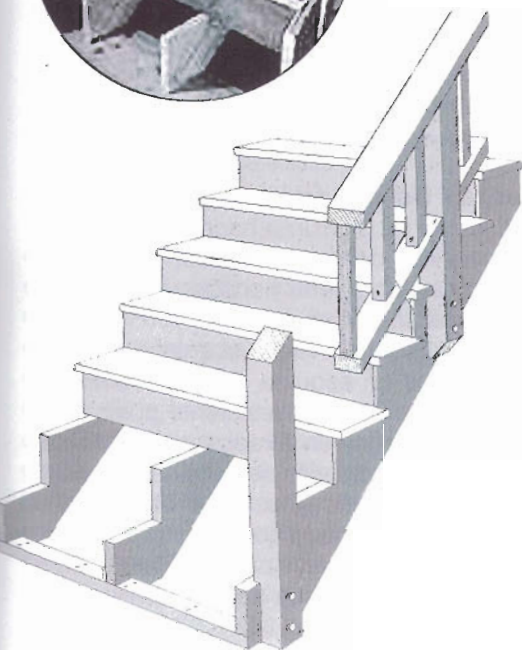
La decoración de estas escaleras suele consistir en dibujos a modo de desbordamiento lateral del escalón y en el moldurado de las aristas.



Zanca alistonada, armada sobre un camón

### Recomendaciones dimensionales

Las zancas a la inglesa actuales tienen gruesos de 25 a 38 mm y cantos de 240 a 290 mm teniendo en cuenta un canto efectivo mínimo bajo el dentado de 90 mm (31/2"). Se debe usar una tercera zanca cuando al ancho de la rampa supere los 900 mm. La zanca se puede clavar o colgar mediante herrajes en la viga de apoyo superior. El rebaje del peldaño en la zanca será de 1,27 cm (1/2").



Se introduce una tercera zanca en rampas de ancho superior a 900 mm

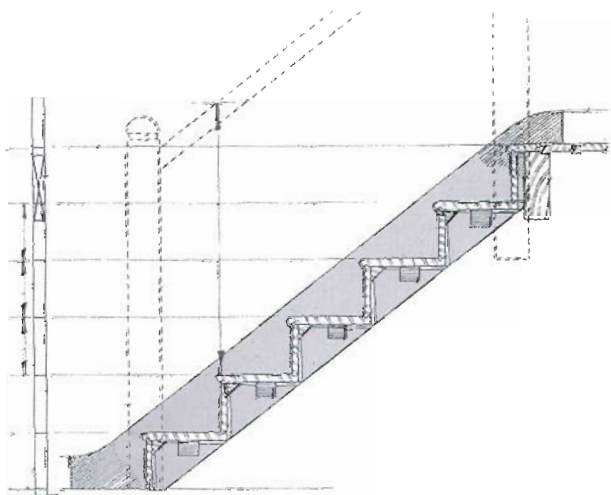
## Zancas paredañas o cremalleras

En contraste con la zanca a la inglesa, libre o al aire, la zanca paredaña va ajustada a la pared, a la que se fija mecánicamente, por lo que su espesor suele ser inferior a la zanca libre. Las cremalleras tienen el perfil a la inglesa, es decir, con dentado superior para recibir las huellas y contrahuellas.

Si la forma es curva, el constructor puede formar cremalleras con tablas curvas, cuya curvatura natural se adapte al perfil, o usar madera laminada. Esta operación exige experiencia pero es menos complicada que en la zanca libre porque la pared sirve de plantilla natural.

### Apoyos de las zancas paredañas

Son similares a las otras zancas. Como en las paredes los problemas de humedad suelen ser mayores, la madera debe estar correctamente secada para que su retracción no provoque debilitamientos y crujiidos al paso.





## Dimensionado de las zancas paredañas

La resistencia de las cremalleras depende de su espesor, del número y naturaleza de las fijaciones, de los empalmes entre sus partes y de sus enlaces en las esquinas.

El factor más crítico, que es el canto de la tabla, podría ampliarse por superposiciones, pero su grueso no debería bajar de 24 mm para poder asentar adecuadamente huellas y contrahuellas.

Si el canto útil de las cremalleras está limitado, por ejemplo por un falso techo inclinado, no bajará en ningún caso de 7 centímetros, medidos perpendicularmente a la pendiente.

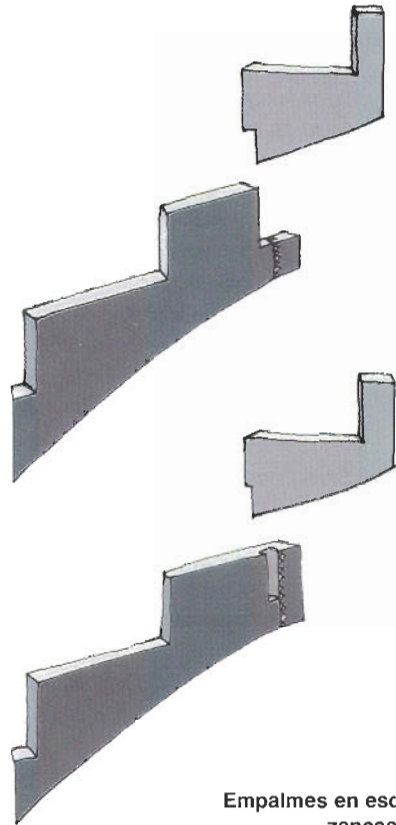
## Fijaciones de las zancas paredañas

Las fijaciones en el muro se disponen cada metro aproximadamente.

Se pueden emplear fijaciones convencionales, apoyos sobre modillones o tacos



Cuando el espacio inferior de la escalera es cerrado, las paredañas y zancas pueden reforzarse con pilaretes



Empalmes en esquina de las zancas paredañas

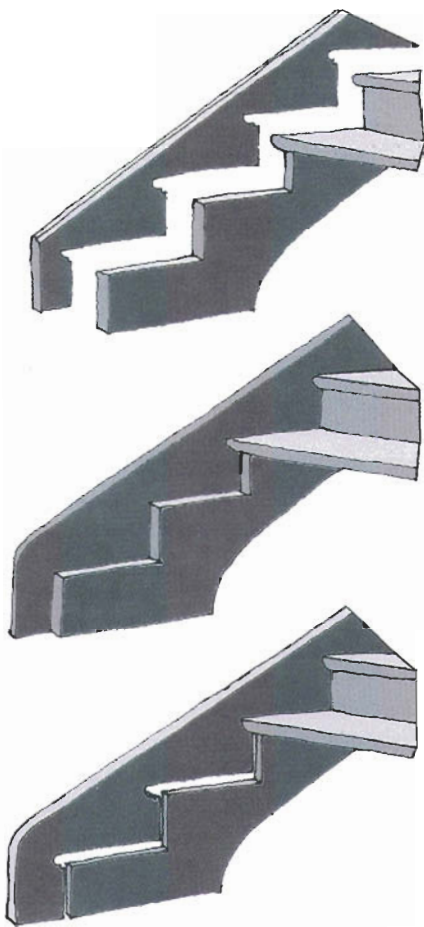
de madera y tornillos con tacos expansivos, pero no fijaciones clavadas a pistola.

## Juntas de las zancas paredañas

Las juntas se procuran hacer en los descansillos con ayuda de cortes que contengan una parte horizontal para simplificar el apoyo.

En los cuartos de vuelta el enlace de dos cremalleras en esquina debe estudiarse para que sea lo más resistente posible. Ya sea esta esquina en voladizo o empotrada, la cremallera superior siempre debe reposar sobre la inferior. Cuando el espacio inferior de la escalera queda cerrado, la junta puede reforzarse con un pilarete; en caso contrario, la línea de la cremallera debe ser continua.

Los ensambles suelen ser a media madera siempre que la colocación de las huellas no se vea afectada por las



**Distintos modos de obtener una zanca paredaña: cremallera y rodapié obtenidos por calado de la zanca; cremallera compuesta y falsa zanca**

entalladuras. Cuando se trata de una esquina en voladizo (caso frecuente en escaleras de cuarto vuelta) la huella de la esquina debe reposar sobre las dos cremalleras.

Como el cajeadado de la cremallera superior debilita el tramo, su altura no debe sobrepasar los  $\frac{2}{5}$  del canto para permitir a las fibras de madera prolongarse suficientemente más allá del primer diente. En la cremallera inferior se puede rebajar bastante el diente porque se puede empotrar en el muro. Si esto no es posible, se realiza un cajeadado a media madera en su parte superior.

## **Cremalleras o zancas paredañas compuestas**

El empleo de cremalleras clásicas tiene un cierto número de inconvenientes, a los cuales las cremalleras compuestas aportan algunas soluciones.

El problema más importante es el alto precio de la madera maciza, por eso las cremalleras compuestas se pueden formar cortando sólo la parte que forma el dentado, a la que se encolan y atornillan bandas de tablero contrachapado del mismo espesor que las tablas.

La parte que sobresale al perfilado de los dientes, tras el corte, se puede utilizar como rodapié.

Huellas y contrahuellas mueren contra esas piezas, que refuerzan eficazmente la rigidez del conjunto. La cremallera compuesta se puede fijar al muro a través de una banda de contrachapado con unos tornillos que quedan camuflados por las huellas.

## **Falsas zancas paredañas**

Se trata de zancas que hacen casi el mismo papel que las clásicas aunque su espesor sea menor. Esto se logra gracias a elementos de fijación dispuestos a intervalos más cortos en el fondo de las entalladuras de encaje de las huellas.

Esta solución, que es una adaptación de la zanca a la francesa, ofrece el interés de su fijación invisible y un excelente acabado.

Logra escaleras prácticamente autoportantes aunque exige una técnica de puesta en obra muy especializada ya que hay que encajar uno de los extremos del peldaño en las entalladuras realizadas en la falsa zanca, antes de ensamblar la rampa a su extremo opuesto. A pesar de que aumenta el consumo de madera y la complejidad del trabajo, es la más recomendable de las soluciones por ser la más estética para escaleras sin contrahuellas. El empalme entre la falsa zanca y los rodapiés del descansillo presentan también el problema de diferencia de alturas entre la rampa y el descansillo.

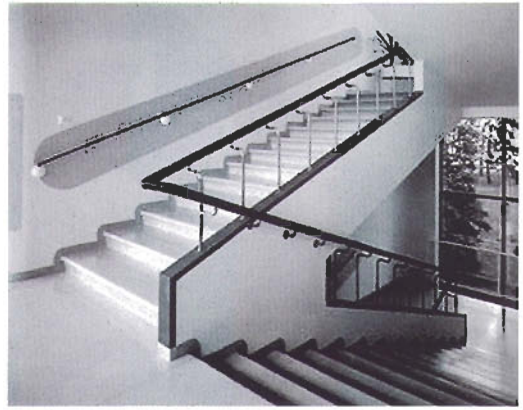


Tres distintos tipos de rodapiés: triángulos más rodapié continuo, silueteado de los peldaños y pieza recta con silueteado inferior

### Rodapiés y cremalleras

Intimamente unidas a las cremalleras, los rodapiés, son un elemento fundamental de la escalera. Se forman con piezas de madera cortadas que siguen el perfil dejado por las huellas y contrahuellas, camuflando así las holguras con la pared, a la vez que contribuyen a fijar las huellas contra la cremallera. Por otra parte, protegen las partes de los muros de los golpes de los pies. Al tratarse de una especie de tapajuntas debe cuidarse especialmente su humedad para que la posible retracción no muestre precisamente las holguras que se tratan de ocultar. Su espesor varía entre 8 y 15 mm y suelen tener moldurada el borde superior por razones estéticas y de limpieza. Como su realización es delicada a veces se opta por realizarlos de la misma pieza que la cremallera, entallando los peldaños como si se tratara de zancas.

En la medida de lo posible, el corazón de

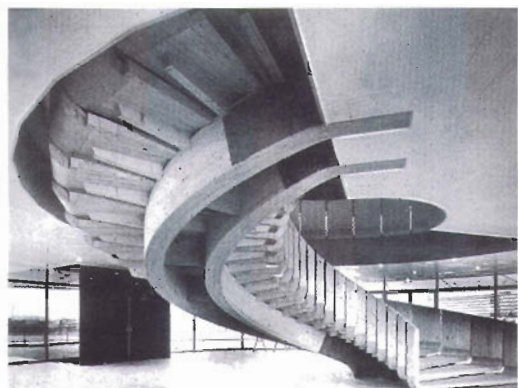


la madera debe orientarse hacia las huellas para que la tabla no se separe del muro en su parte alta a causa de las retracciones por cambios de humedad.

Existen dos variantes de cremalleras: las cremalleras compuestas y las falsas zancas y se pueden colocar indiferentemente en escaleras a la francesa y a la inglesa.



# Zancas de madera laminada



Estas zancas suelen centrarse respecto a la rampa, como estructura portante principal, aunque pueden desdoblarse en dos piezas buscando mayor inercia, o usar otros elementos que contribuyan de alguna manera a la rigidez del conjunto.

En general la zanca central responde a la búsqueda de sencillez, motivo por el cual no suele tener contrahuellas.

Aunque en casos particulares pueden ser de madera maciza, lo normal es que sean de madera laminada por motivos económicos y estructurales.

Su escuadría suele ser importante para absorber el par de torsión engendrado por los peldaños junto a los esfuerzos de flexión habituales en las rampas.

## Juntas y apoyos de las zancas de madera laminada

Estas zancas no suelen tener juntas, procurándose elaborar de una sola pieza. En cambio los apoyos son especiales para absorber el par de torsión en el arranque. Se trata de herrajes anclados o empotrados en obra.

Algunas soluciones frecuentes son: angular simple, doble, con lengüeta y con rebaje embarbillado. Este embarbillado puede reforzarse con un angular metálico, lateralmente o bajo el



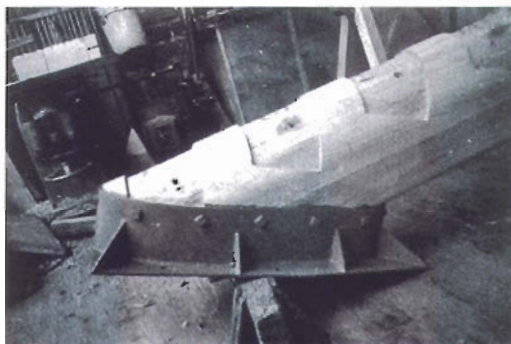
peldaño de salida. También se puede rematar la zanca en una zapata a través de una pletina soldada.

En el forjado se colocan pernos de cuelgue de la viga.

Estas piezas deben estar sólidamente empotradas, motivo por el cual suelen ser grandes y quedan muy a la vista. Para integrarlas en el conjunto es mejor no intentar camuflarlas con chapados de madera sino aprovechar el potencial estético de los herrajes.

## Uniones entre peldaños y zancas de madera laminada

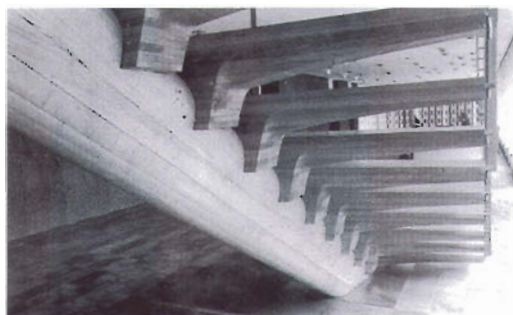
Lo más habitual es que su perfil sea de cremallera 'a la inglesa', con lo que las



Herraje de fijación al forjado

huellas se fijarán sobre la parte horizontal del diente, con sistemas convencionales, especialmente con tirafondos camuflados con tapas.

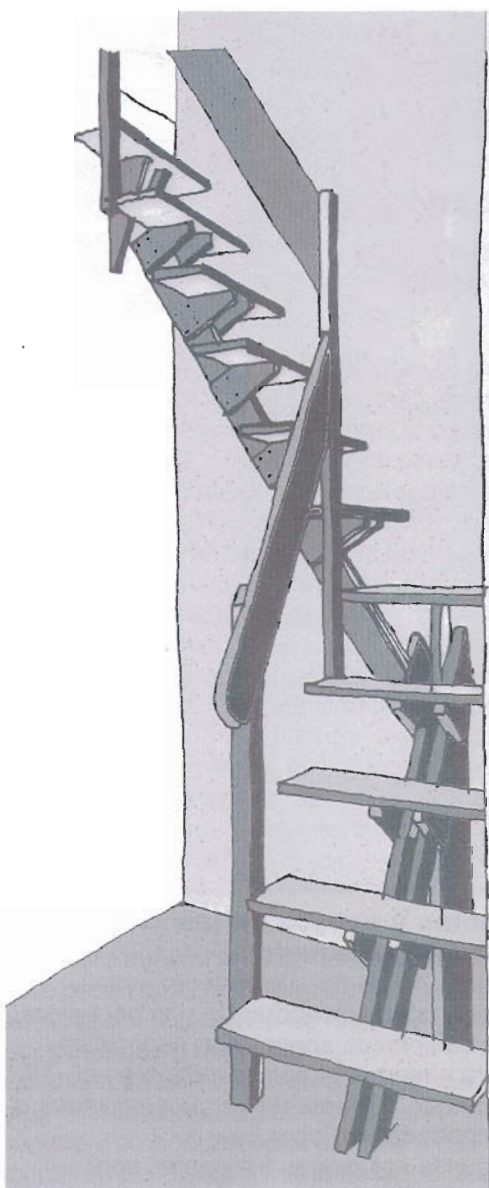
También se pueden fijar a través de patas o perfiles metálicos en forma de cajón. Los peldaños fusiformes que son los más



Unión de peldaños a la zanca con ensamble (arriba) y a través de una pieza metálica intermedia de cajón (abajo)



habituales y satisfactorios en cuanto a rigidez se prestan a un sistema de fijación discreto a través de pletinas metálicas que siguen su misma forma.



Zanca central de madera aserrada (derecha) y metálica (izquierda)



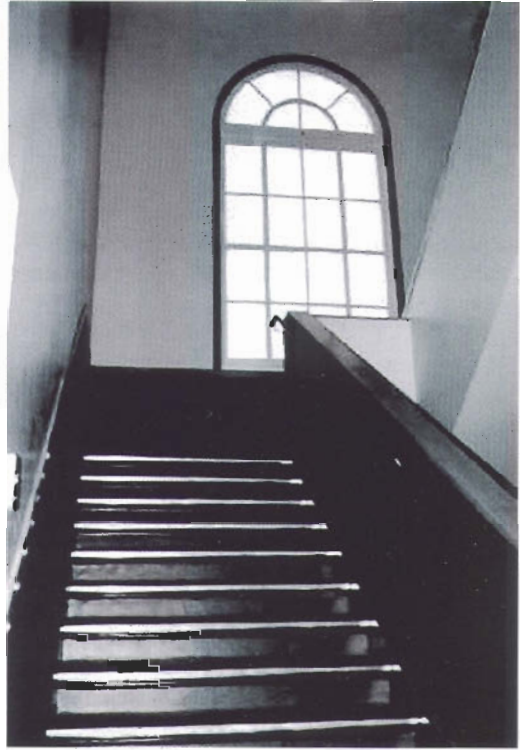
# Peldaños



Los peldaños o escalones son los elementos de apoyo o pisada de la escalera. Constan de una parte horizontal, llamada huella, y otra vertical, llamada contrahuella, o tabica, que debe tener siempre la misma altura. Para que una escalera exista debe haber huellas aunque no necesariamente contrahuellas. Si los peldaños son irregulares, su parte estrecha se llama cuello y la ancha, cola. El ancho de la huella es su dimensión menor (la de pisada) y el largo, la transversal a la rampa (la de cruce).

La pendiente resultante de la relación huella-contrahuella, la existencia o no de contrahuellas, los materiales empleados, la perspectiva y la sensación de vértigo de algunas rampas así como los cuellos demasiado estrechos o los ángulos demasiado vivos, son factores que influyen decisivamente en los aspectos visuales y en la comodidad de las escaleras: son ejemplos extremos la escalera de caracol y a la molinera.

Las huellas conviene que tengan un espesor idéntico ya que el hecho de disminuir o aumentar su grosor modifica la impresión que produce la rampa y por lo tanto su seguridad, lo mismo que si el redondeado de su borde de ataque supera los 8 mm de radio de curvatura. Por ese motivo se colocan tiras antideslizantes que limitan considerable-



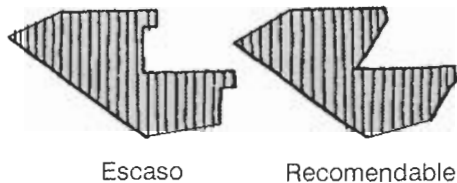
mente el desgaste cuando se emplea madera blanda. Éstas deben tener un color que resalte del resto de la escalera. Normalmente la huella vuela ligeramente respecto a la contrahuella para evitar el golpe de talón al bajar, bien a través de una 'nariz' o bien a través de un bisel pronunciado.

Este vuelo o nariz del peldaño juega un papel importante en el aspecto de la escalera durante el remonte. Se diseña en función del carácter de la escalera, de la presencia o ausencia de contrahuellas y de su revestimiento.

Por su mayor desgaste, el vuelo puede ser de distinto material o reforzarse en su conjunto, y recibe el nombre de mampelán.

El ancho se mide desde vuelo a vuelo en peldaños consecutivos.





Dependiendo de la forma de la huella y siguiendo un cierto orden de desarrollo histórico los peldaños se pueden clasificar de la siguiente manera:

### Peldaños radiales

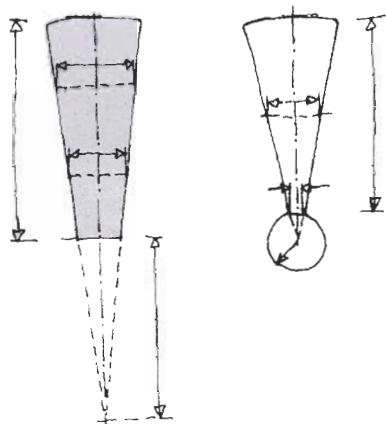
Las escaleras de caracol de madera fueron las primeras que introdujeron los peldaños radiales en los siglos XV y XVI. Solían tener un gran desarrollo con un número muy elevado de escalones (pu-

diendo llegar a 25 en cada revolución frente a los 13-14 que tienen actualmente) debido a la escasa dimensión del hueco y a la mayor altura a salvar<sup>1</sup>.

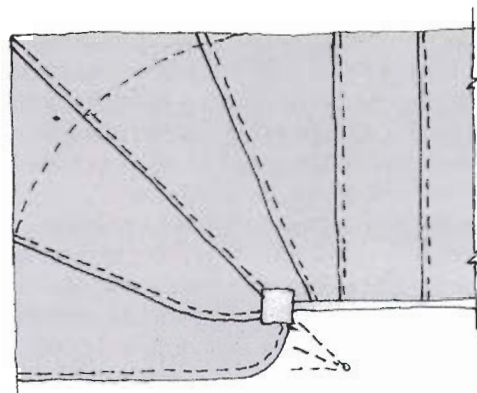
Los peldaños radiales son aquellos en los que los bordes de las huellas convergen. En los casos más simples todos concurren en el mismo punto, mientras que en los más complejos convergen por series de puntos o son tangentes a un círculo o a una elipse.

Para ser cómodos se colocan de tal forma que sus perfiles se crucen con la línea de huella\* con un ancho constante.

El peldaño radial no es un peldaño cómodo y el cruce de usuarios es difícil, a menos que la escalera tenga una gran curvatura y por tanto presenten poca conicidad. Su fabricación no es difícil si se trata de piezas idénticas; en caso contrario se complica mucho por lo que debe intentarse formar al menos series de peldaños iguales.



Peldaños radiales circulares

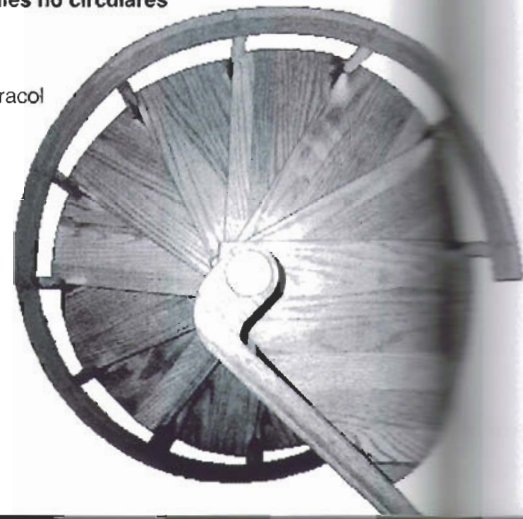


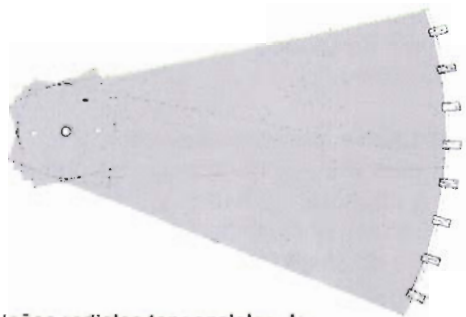
Peldaños radiales no circulares

<sup>1</sup>En la tabla siguiente se han puesto algunos ejemplos de escaleras de caracol en edificios franceses de los siglos XV y XVI que testimonian la descompensación de los tramos y el exceso de peldaños.

Nº de peldaños	Anchos de rampa	de cuello	de cola
21	0,95	0,025	0,25 (4/5 de revolución)
23	0,58	0,03	0,29 (11/2 de revolución)
17	1,10	0,03	0,38 (< 1 revolución)
15	0,95	0,03	0,33 (3/4 de revolución)

Fuente: Les compagnons du devoir





**Peldaños radiales tangenciales de núcleo cuadrado**

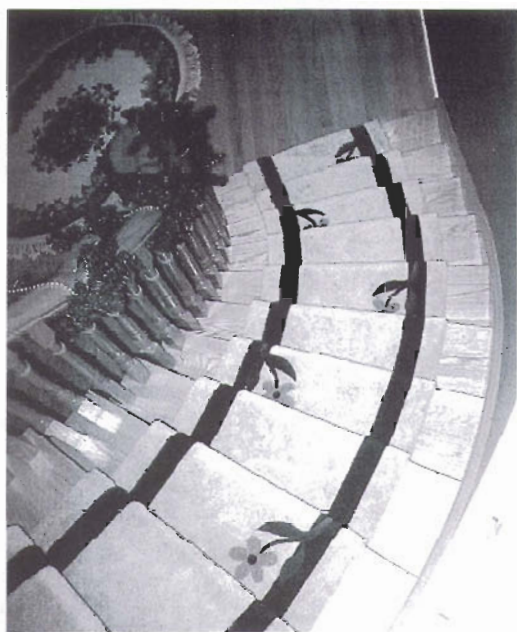
Un caso particular de peldaño radial es cuando cola y cuello son arcos de circunferencias concéntricas: los peldaños radiales circulares son los más frecuentes, por su presencia en escaleras de caracol, helicoidales y en cuartos de vuelta.

Pese a esto deben evitarse en lo posible por su incomodidad pero, de aparecer, es preferible que estén al comienzo del tramo para que el riesgo de caídas sea menor.



**Peldaños radiales, tangenciales al núcleo**

**Peldaños radiales circulares de eje exterior a la rampa**



### Peldaños rectos

Los peldaños rectos aparecen por primera vez en el siglo XVI, en las escaleras de barandilla superpuesta y en las de ojo central, sustituyendo a los peldaños radiales de las escaleras de caracol.

En ambos casos presentaban grandes variaciones de huella (de 35 a 25 cm) y menores en contrahuella (14-16 cm)<sup>3</sup>

Los peldaños rectos son los más sencillos y utilizados; su ancho es constante en cuello y cola dando lugar a un perfil de lados paralelos. Se pueden utilizar en combinación con otros tipos de peldaños creando desarrollos más complejos.

Generalmente son perpendiculares a la estructura portante (zancas o cremalleras) y a la línea de huella.

Su forma regular facilita su corte y fabricación seriada.



<sup>3</sup>En la tabla adjunta de edificios franceses de esta época, lo cual producía un paso escaso.

Altura del peldaño cm	Anchura de la huella cm	Valor del paso (2h + huella) cm
14	33	61
16	28	60
15	30	60
15	23	53

Fuente: Les compagnons du metier.

Hasta el siglo XVII no se logró normalizar el tamaño de los peldaños gracias a la fórmula de Blondel (ver el capítulo de Dimensionado).

### Peldaños compensados

Los peldaños compensados se comenzaron a utilizar a mediados del siglo XVII, cuando los constructores tomaron conciencia de la relación entre planta y alzado, evitando los antiestéticos quiebros de las rampas en los cambios de dirección.

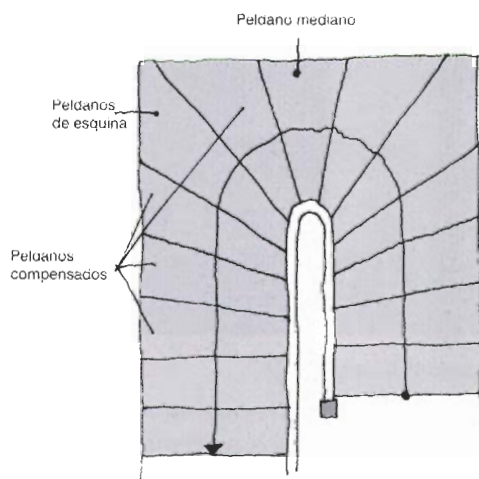
Las escaleras curvas pusieron en evidencia los resaltes y sinuosidades de los alzados, lo que se agudizó con la aparición de las barandillas de hierro por el difícil paralelismo entre zanca y pasamanos.

Los peldaños compensados surgieron como la única solución para diseñar la planta en armonía con el alzado.

En los primeros momentos se adaptaron peldaños radiales dándoles mayor radio de giro, lo que permitió cuellos constantes, similares a las colas. Se comenzó a aplicar a escaleras con curvatura pronunciada como las oblongas pero después se desarrollaron mucho en todas las zancas curvilíneas.







**Peldaños medianos y de esquina**

### **Peldaños rectos y compensados**

Su trazado obligó por primera vez a los constructores a utilizar planos para sus trazados.

Los peldaños compensados son los más empleados después de los rectos ya que permiten resolver los problemas de transición entre rampas rectas y curvas facilitando la adaptación a cajas de recorrido complejo o con limitaciones de cabezada. Gracias a ellos los perfiles de la rampa no presentan saltos bruscos, pandeos ni picos, desagradables tanto a la vista como estructural y constructivamente. Contrariamente a los radiales, sus bordes no concurren a ningún punto concreto. Básicamente la compensación se realiza 'falseando' algunos peldaños que, a través de una forma adovelada, conservan las dimensiones del paso normal en la línea de huella\*, con una progresión que aumenta o disminuye insensiblemente y proporciona un buen trazado de las zancas y la barandilla.

La transición entre un tramo regular y otro irregular debe resultar inapreciable al usuario y la relación entre huellas y contrahuellas, medida en la línea de huella, ha de permanecer invariable, incluso en los giros, para garantizar que la zanca y el pasamanos se desarrollen sin quiebros.

Como los radiales, estos tienen el inconveniente de ser unidireccionales, es decir, no permiten el cruce con comodidad.

Existen dos tipos especiales de peldaños compensados: los peldaños de esquina (los situados sobre las bisectrices de las esquinas de la caja) que tienen cinco lados y los peldaños medianos (que son simétricos y de cuatro lados).

Los diversos sistemas de compensación de peldaños se explican en el Capítulo correspondiente. Como regla general se aconseja compensar tantos peldaños como los que se dejan rectos.

### **Peldaños curvados**

Los primeros ejemplos de peldaños curvados aparecen a mediados del siglo XVIII antes y después de los rellanos. Son peldaños cuyo cuello recibe una suave curvatura para mejorar la pisada siguiendo la trayectoria más lógica de uso, a la vez que corrigen funcional y estéticamente la rampa, aumentando la línea de huella.

Su desarrollo es parecido a los peldaños compensados y se colocan antes y después de las mesetas, en torno a pilaretes o cubillos y en las esquinas de todo tipo de escaleras, particularmente en las escaleras de cuatro centros.

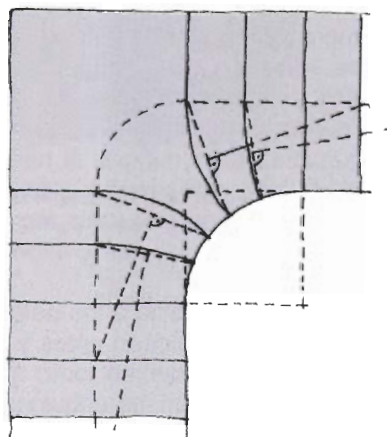


### Peldaños curvados

Presentan tan buen comportamiento circulatorio como los peldaños rectos pero el vuelo de zanca modera la subida abrupta de la rampa y el pasamanos. Los constructores asociaron peldaños compensados y curvados para alcanzar la máxima perfección técnica de las escaleras.

La complejidad de su fabricación es su mayor desventaja ya que requiere cierta elaboración. Se emplean indiferentemente en escaleras a la francesa y a la inglesa y pueden ser macizos o compuestos.

Olvidándonos momentáneamente de su forma, los peldaños también han evolucionado en su constitución -macizos, compuestos, laminados- estrechamente



Peldaños curvados y deformados



ligados al tipo de rampa y a la historia de la escalera.

Desde los peldaños macizos groseramente tallados en bloques de la Edad Media, pasando por la complejidad de los compuestos y terminando con los de madera laminada con su mayor carga tecnológica, los cambios en los peldaños han dependido del diseño de la zanca. Sin embargo, los tres principales tipos de peldaños aparecen casi simultáneamente. A continuación se analizan cada uno de ellos.

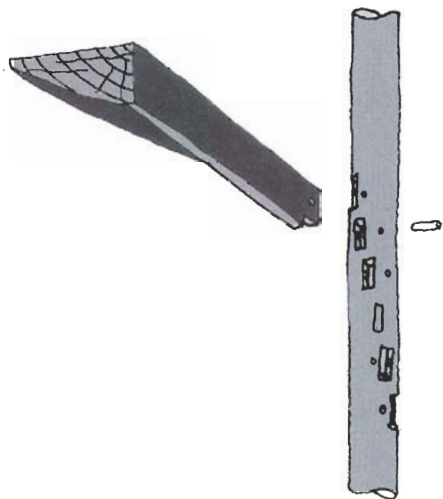
### Peldaños macizos

Los peldaños macizos están formados por piezas enteras de madera.

Se utilizaron desde el siglo XV hasta el XVII, abandonándose por su carestía y sus dificultades de secado, volviendo a aparecer en los siglos XVIII y XIX con el desarrollo de peldaños unidos entre sí con clavijas o pernos.

Los primeros fueron los de las escaleras de caracol de la Edad Media de sección acunada, cepillados en su cara inferior y desprovistos de vuelo. La pieza se colocaba con su corte radial en la parte trasera y la tangencial en la arista o nariz del peldaño. Esta disposición, que puede sorprender, se debía a que primaba el aspecto de la cara inferior y la resistencia del empotramiento desperdiciando la dureza y resistencia de la madera de corazón en la zona de mayor roce.

Se ensamblaban en el poste central con espigas verticales de 20-30 mm de grueso



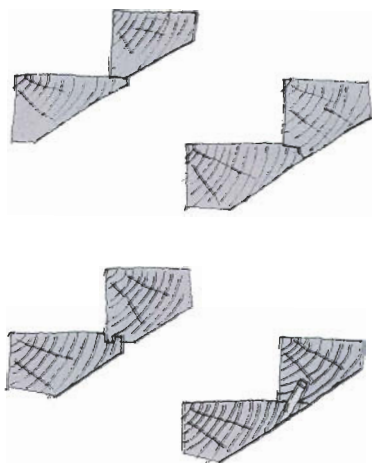
Unión del cuello al fuste central de un peldaño macizo en una escalera de caracol

(con espaldón de 30-40 mm) y enclavado lateral.

La cola del peldaño encajaba en una tronera de la pared o se apoyaba sobre una moldura. En muros entramados se colocaba a caja y espiga enclavada.

Los peldaños macizos no requieren revestimiento inferior y resuelven la junta marcándola o rebajándola con formas vivas o romas. Más raramente se utiliza cubrejuntas.

La versión actualizada de este tipo de escaleras es la de peldaños apilados de

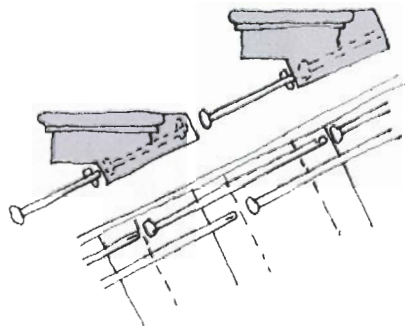


Tipos de uniones de peldaños macizos

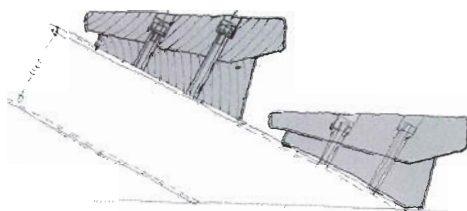
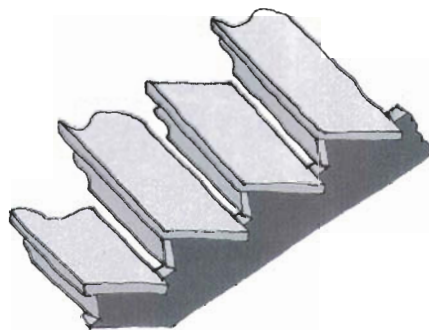
madera maciza formando un núcleo central. Los peldaños se comprimen mediante postensados: un perno roscado u otro sistema de atirantado similar.

El núcleo central puede recibir diversas formas: cilindros, helicoides, etc.

Los peldaños de madera laminada también pueden apilarse y atirantarse, aunque cabe la opción de encolar el núcleo



Unión emperrada múltiple de peldaños macizos en escaleras a la inglesa



Ejemplos de fijación de peldaños macizos en escaleras contemporáneas

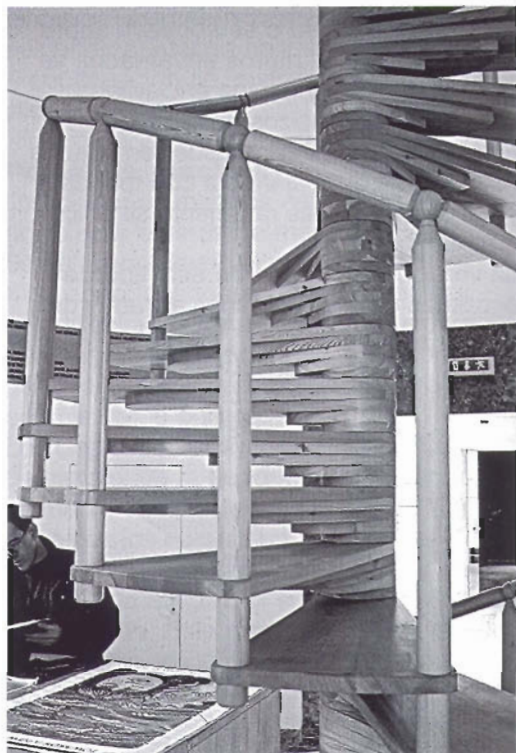




Empotramiento de peldaños de madera laminada en zanca helicoidal, también laminada



Escalera de directriz helicoidal por apilamiento de piezas cuadradas. Los peldaños son de madera maciza de pino Oregón. Por ser una especie relativamente blanda, se fajeó con moqueta



Escalera de caracol de núcleo central circular por apilamiento. Los peldaños son de madera laminada con perfil en voladizo



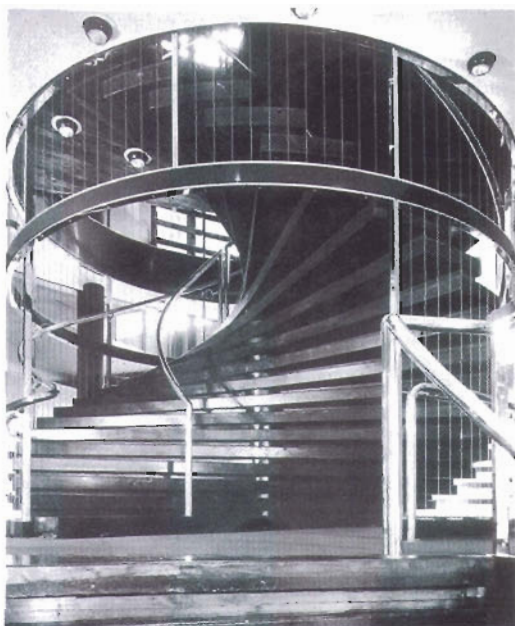
Escalera de caracol de desarrollo helicoidal, formada por peldaños apilados. Los peldaños son de madera laminada pero disminuyen su sección en voladizo. El fuste central, por su sistema de apilado sirve de pasamanos, a la manera de las 'cuerdas' de las escaleras medievales

dando más continuidad estructural al conjunto.

Una variante singular son los peldaños laminados autoportantes prolongados hasta el suelo. El haz de peldaños forma la escalera aprovechando las características estructurales de la madera laminada.

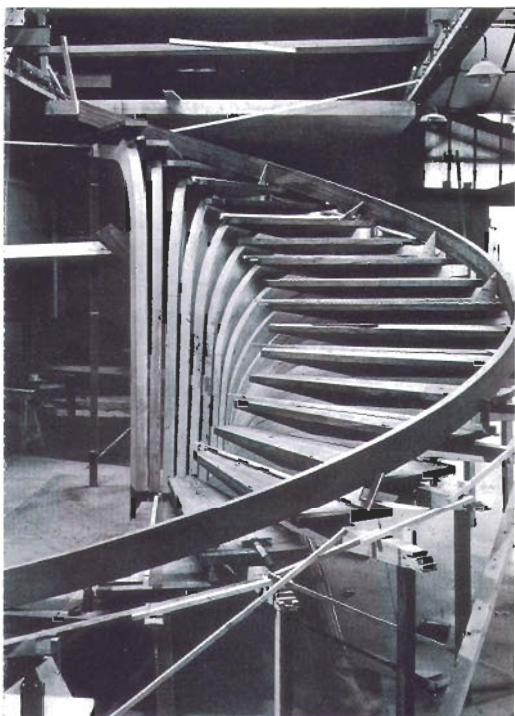
### **Peldaños mixtos o guarda-cantos**

Aparecen en siglo XVI pero se extienden especialmente a finales del XVIII-XIX. Se formaban con una contrahuella de madera maciza, provista de un resalte superior. El peldaño se completa con un solado de mampostería o enlosado cerámico que forma la huella. Esta contrahuella guarda-cantos funciona como una pequeña vigueta. Se trata de piezas de unas ocho pulgadas



Escalera de peldaños macizos apilados equilibrados con vuelo al otro lado del núcleo en toda la tabla buscando un efecto decorativo. En la zona de contacto del núcleo aparece una pieza circular de apoyo

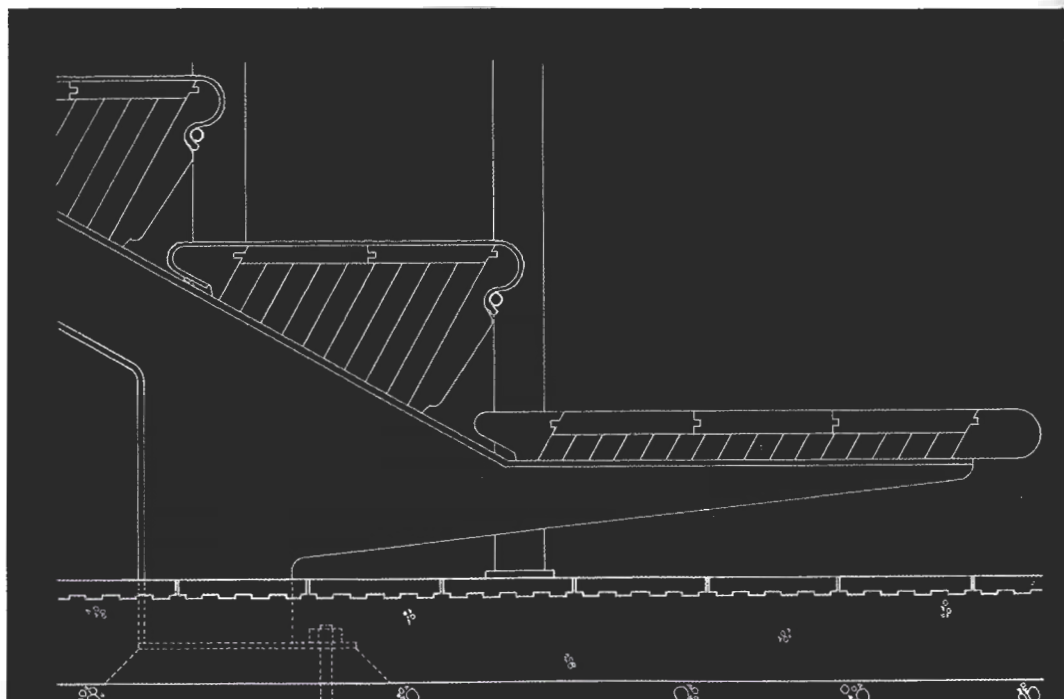
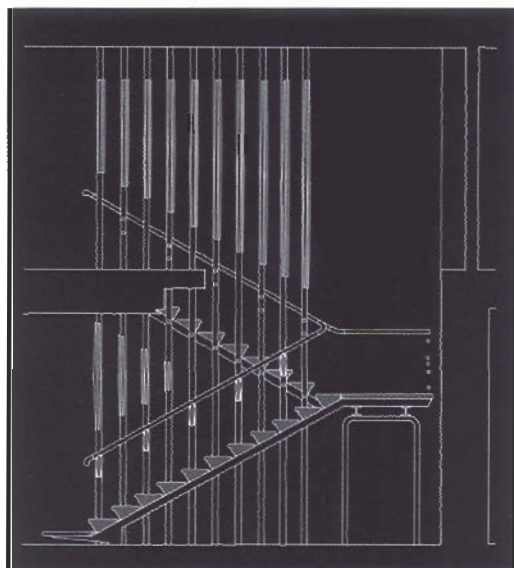
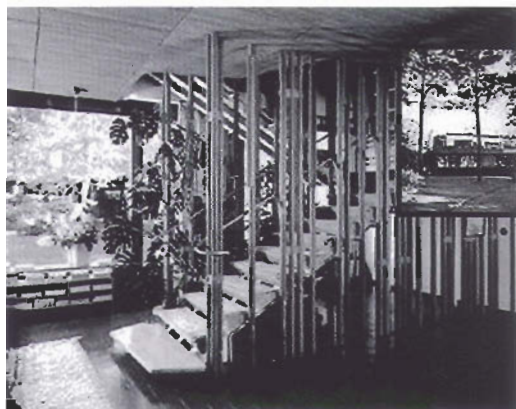
Peldaños laminados autoportantes.





de altura (20 cm), dos de las cuales sobresalen por debajo para apoyar un cerramiento inferior- normalmente un enlatado- que a veces servía de encofrado perdido. Si no se dejaba ese resalte, la arista inferior

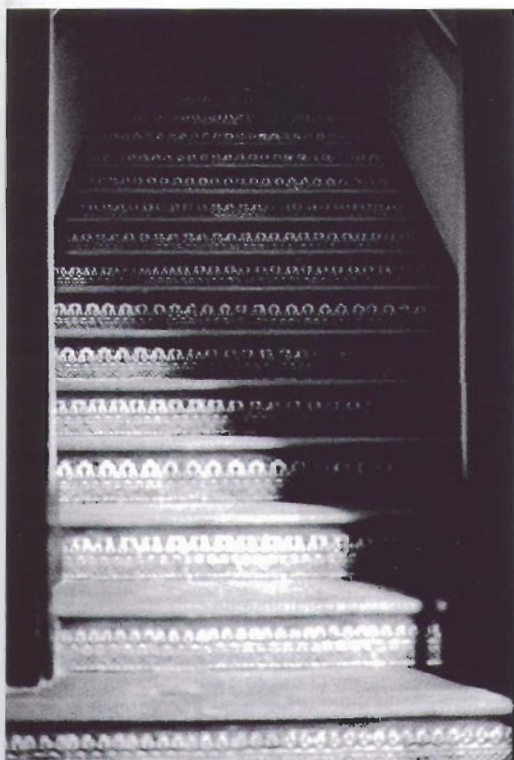
**Alvar Aalto. Escalera de peldaños de madera laminada encolada, de Villa Mairea (1938)**



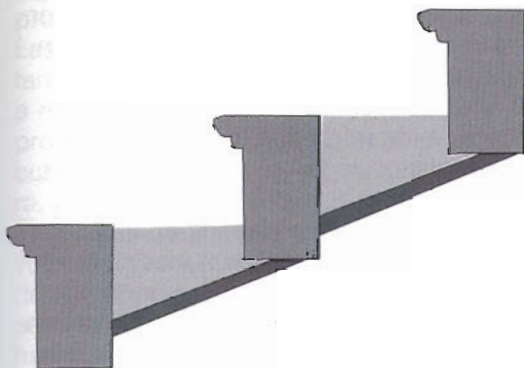


se biselaba siguiendo la pendiente y se enlataba después.

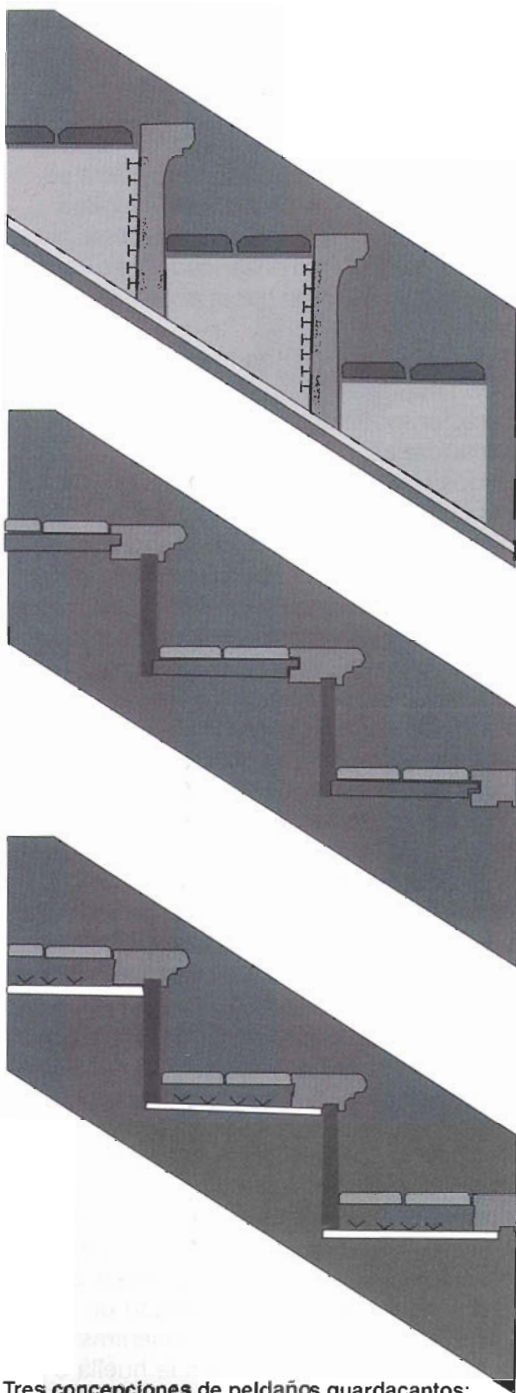
Una variante posterior consistió en reemplazar los tableros por palastros metálicos de 6 a 8 mm de espesor, atornillados a los vuelos. El mortero de relleno se agarraba por medio de patillas soldadas.



Escalera en vivienda anexa del Convento de las Descalzas Reales (Madrid, siglo XVI)



Sección esquemática de los primeros peldaños guarda-cantos



Tres concepciones de peldaños guardacantos: vigueta provista de vuelo moldurado (las losetas descansan sobre un relleno y el enlatabo de fondo va clavado inferiormente); huella compuesta (las losetas descansan sobre un tablero; huella mixta (las losetas reposan sobre una capa de mortero que apoya en un palastro)

### Fijación de los peldaños guarda-cantos

Los peldaños guarda-cantos se ensamblan por sus extremos a la zanca con espiga vertical de unas  $3 \times 1\frac{1}{2}$ " , o en el muro, con unos 8 cm de empotramiento. En el caso de paredes de entramado de madera se busca el apoyo de piezas estructurales. Las huellas se peraltaban ligeramente hacia dentro y se giraban ensanchándose imperceptiblemente, para hacer el peldaño más ancho y más cómodo.

Estos peldaños mixtos fueron una solución aceptable por su economía pero de carácter modesto, útil en escaleras secundarias.

En los peldaños compensados, su construcción se complica mucho por el despiece de las baldosas. En la actualidad se siguen utilizando pero el relleno base de baldosas, se puede sustituir por tableros aglomerados resistentes a la humedad.

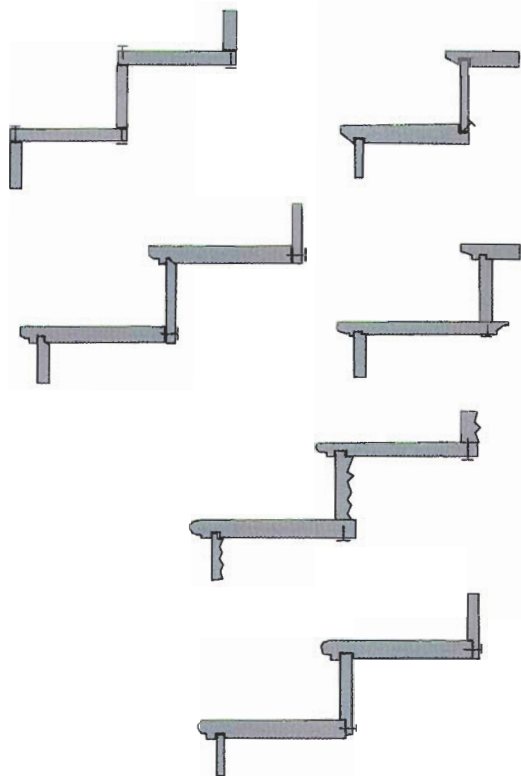
### Peldaños compuestos

Son peldaños donde existe una diferenciación total entre huella y contrahuella. Aunque aparecieron en algunas escaleras de caracol de los siglos XV y XVI, su uso sólo se extendió en el siglo XIX, con las escaleras a la inglesa. Su aparición dio lugar a una familia de ensamblajes especiales, que más tarde se emplearon también en las escaleras a la francesa. Admite la yuxtaposición de especies diferentes, lo que proporciona presentaciones estéticas interesantes.

### Juntas de los peldaños compuestos

Al principio la junta era plana y clavada, quedando la contrahuella fija entre huellas consecutivas. Luego la parte alta de la contrahuella se bisela para encajar en una ranura de la huella, dejando un pequeño vuelo moldurado, mientras el extremo inferior se clava en la huella o se ensamblaba en un rebaje.

Por su facilidad de ejecución, se acudió también al sistema de lengüeta bastarda (a media madera) en la cabeza de las contrahuellas lo que permitía el ensamble



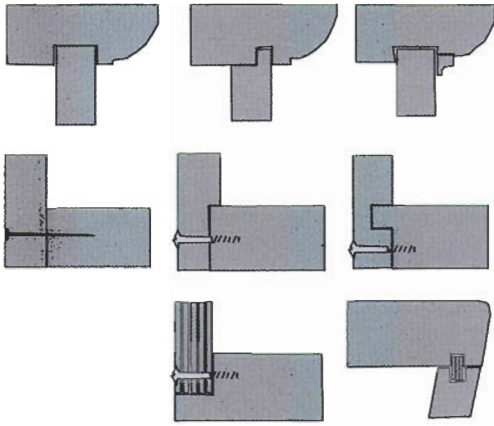
**Peldaños compuestos.** Diversos modos de ensamble de una contrahuella con las partes horizontales de dos huellas compuestas consecutivas: a tope; con rebaje perfilado; con lengüeta bastarda (3 casos); con rebaje y lengüeta bastarda. Son soluciones para escaleras a la inglesa. las puntas se clavan a tresbolillo inclinadas, en un mínimo de 5 y alternando su sentido para que puedan resistir el arranque

con grosores irregulares de tabla. Esta solución, del siglo XIX, venía impuesta por las cepilladoras mecánicas que acababan sólo una cara.

A finales del siglo XIX, con las primeras moldureras, se empezó a mecanizar la parte inferior de las contrahuellas.

### Recomendaciones dimensionales

Cuando se emplea madera maciza la huella debe tener un espesor bruto en torno a 41 mm por metro de lineal, dependiendo del tipo de empotramiento lateral, mientras que a la contrahuella se le da de 18 a 27 mm.



Diversos modos de fijación de ensamblajes entre huellas y contrahuellas: encajado en vivo; con lengüeta bastarda; encajado en vivo + moldura para aumentar el grueso aparente; a trasera desnuda; rebaje perfilado en el bajo de la contrahuella; lengüeta bastarda en la huella + tornillo; idem para evitar movimientos, concanto contrachapado; falsa lengüeta y contrahuella inclinada para revestir con moqueta

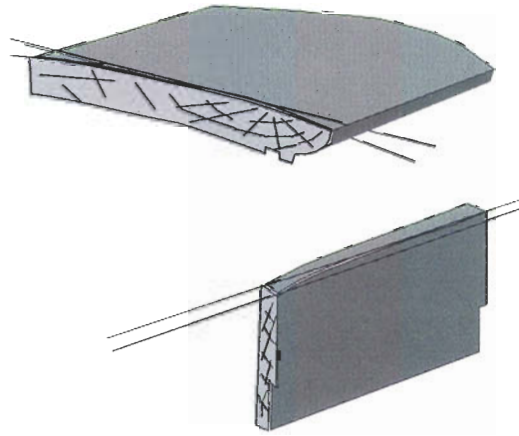
En la actualidad se admiten tableros de partículas o contrachapados, tanto por economía como para evitar la retracción de la madera usando el vuelo de la huella maderas nobles y más resistentes que se encolan al tablero.

### Movimientos de los ensamblajes

Los reducidos espesores de los peldaños compuestos aumentaban los peligros del movimiento de la madera, dejando vistas algunas juntas con la posibilidad de provocar crujidos al pisar.

Las contrahuellas, con su corte tangencial, más estético, tienen tendencia a mermar con los cambios estacionales produciendo una holgura que es preciso cubrir de alguna manera (con una moldura, con tapajuntas, etc.).

El corazón de la madera se coloca en el vuelo del peldaño por ser la parte más dura, y si se produce retracción por cambio de humedad, las tablas 'tirán' hacia el vuelo, es decir, se curvan hacia arriba con lo que se oponen al peso del usuario y se evitan crujidos. Pero el mismo



Retracción de la huella que «tira» hacia el corazón y sobre-canto dado a la contrahuella para tensionar la huella

efecto se puede lograr cortando las contrahuellas con una ligera curva en su parte superior, con lo que se tensionan ligeramente las huellas (se recomienda un 0,3-0,4 % de la luz, pudiendo llegar hasta 0,5 en escaleras de cierta dimensión)<sup>1</sup>.

Otra manera sencilla de tensionar huellas y contrahuellas en escaleras a la francesa es dejar un corte biselado que permita acuñar posteriormente.

La forma más satisfactoria parece ser el machihembrado con espiga, de unos 8 mm de grueso, y caja con 1 mm de holgura que permita ligeros ajustes de posición y evite posibles crujidos. Para mejorar el aspecto general del tramo se pueden añadir molduras bajo el vuelo del peldaño, aumentando así su espesor aparente.

Cuando se emplea moqueta, las huellas no suelen tener vuelo para facilitar la colocación de ese revestimiento y las

<sup>1</sup>Otro medio de tensionar las huellas es sobredimensionar las ranuras a lo ancho lo que facilita el encajado y evita el crujido, pero el juego se ve desde abajo, lo que obliga a clavar las contrahuellas desde arriba y es poco estético. El clavado lateral es más discreto y permite a las puntas trabajar a cizalladura más que al arranque, pero fragiliza la parte alta de las contrahuellas lo cual es poco racional





**Peldaños compuestos forrados de moqueta. No se usa vuelo para facilitar su colocación.**

contrahuellas van ligeramente inclinadas<sup>2</sup>. Finalmente un caso particular de peldaños compuestos es el de los que tienen carácter casi estructural. Tienen un mayor grosor



**Peldaño compuesto en escalera de caracol**

<sup>2</sup> Sobre este particular existe normativa aplicable del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo de 15 de febrero de 1984 que recoge la NTE-RSR sobre revestimiento de suelos y escaleras: piezas rígidas. Esta norma refunde las NTE-RSB y parte de las RSP, RSI y RST.



**El moldurado debajo del perfil hace ganar visulamente a la escalera**

y pueden empotrarse en el elemento resistente (pilar, zanca o muro).



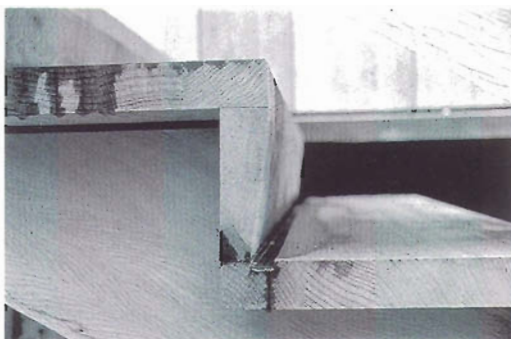


Escalera de peldaños compuestos empotrados.  
Casa-Estudio de Luis Barragán (México, 1947)

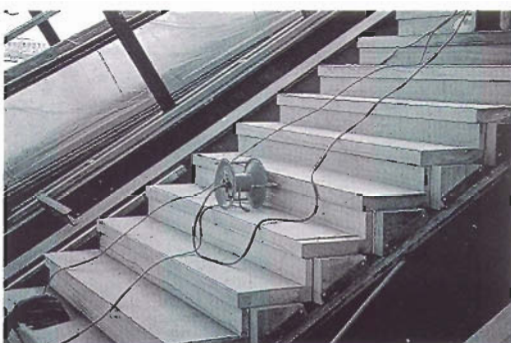
### Peldaños de arranque

Son unos peldaños especiales por su forma que juegan un papel importante en el soporte de la rampa y en la primera impresión que se recibe de la escalera. Su mayor tamaño y forma deben enfatizar su carácter de acogida sin que una excesiva complejidad provoque confusión en el usuario.

Entre las muchas geometrías posibles



Peldaño compuesto alistonado en escalera exterior. Escuela Forestal de Biel (Suiza)

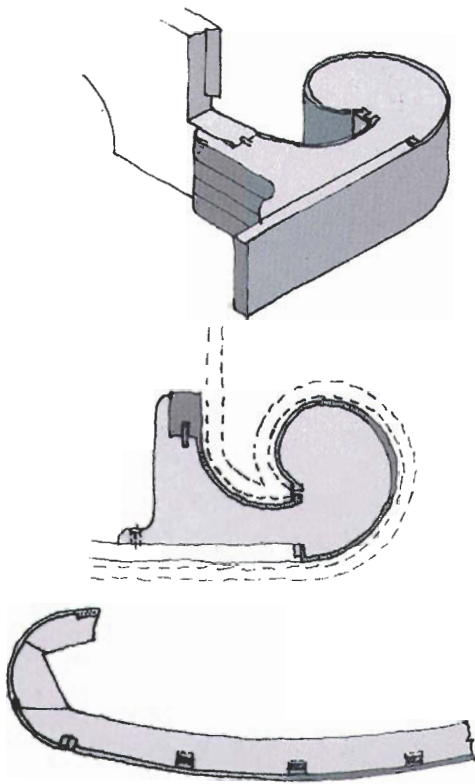


Escalera exterior. Peldaño compuesto con peldaños de gran grosor en el Pabellón de Japón de la Expo'92 (Arquitecto, Tadao Ando)

destacan los peldaños circulares con diferentes radios de curvatura alrededor de un pilarote central. Lo mismo cabe decir cuando el pilarote es un cubillo.

La fijación a la solera, que evita los molestos crujidos, se realiza mediante cuñas, patillas empotradas o con sistema de palanca, elementos todos que al final



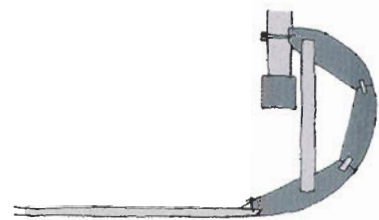
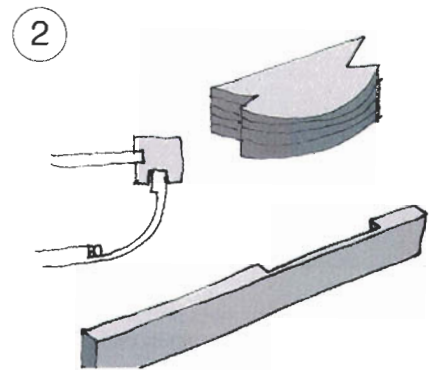
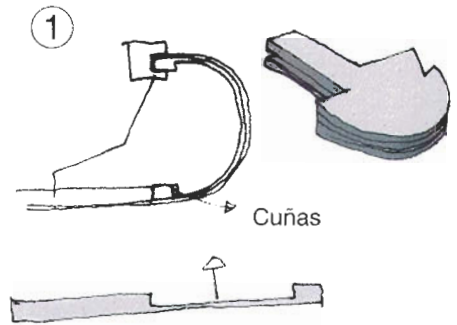


**Pieza curva formada por tableros apilados y recubierto por un tablero rechapado curvado que va encolado y acuñado en sus extremos**

deben quedar ocultos.

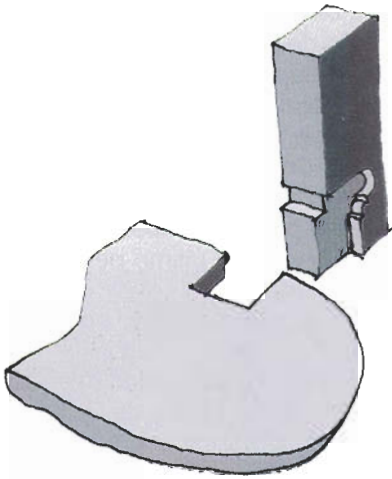
Los peldaños curvos de arranque se realizan de dos maneras: con madera laminada o con piezas macizas perfiladas. Si las curvas son muy pronunciadas, las contrahuellas de madera laminada son muy laboriosas y es mejor acudir a piezas contorneadas y ensambladas. Como la junta vertical puede marcarse con los cambios higrotérmicos de la madera, la solución tradicional consiste en rebajar el espesor de las contrahuellas para facilitar su curvado y fijarla contra un bloque curvo que forma el peldaño armado con tableros apilados.

La calidad de la madera de las contrahuellas determina en gran parte el aspecto de la escalera por eso se deben escoger chapas sin defectos y, si es posible, de la misma malla (si se trata de Roble).

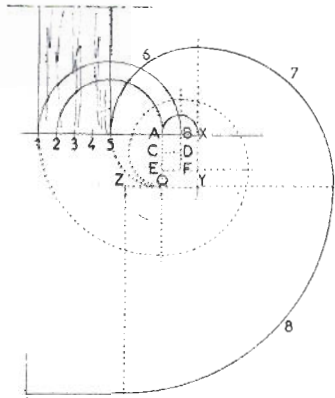


**Diversas formas de construir peldaños de arranque curvos**

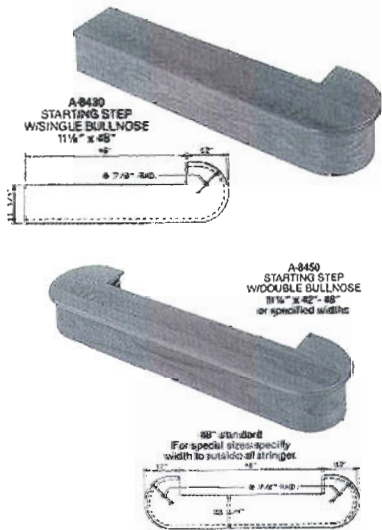




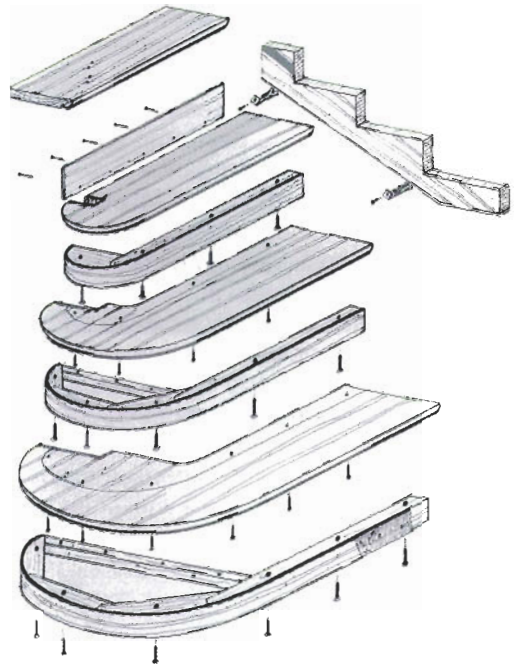
Enlace de la huella en el pilarete



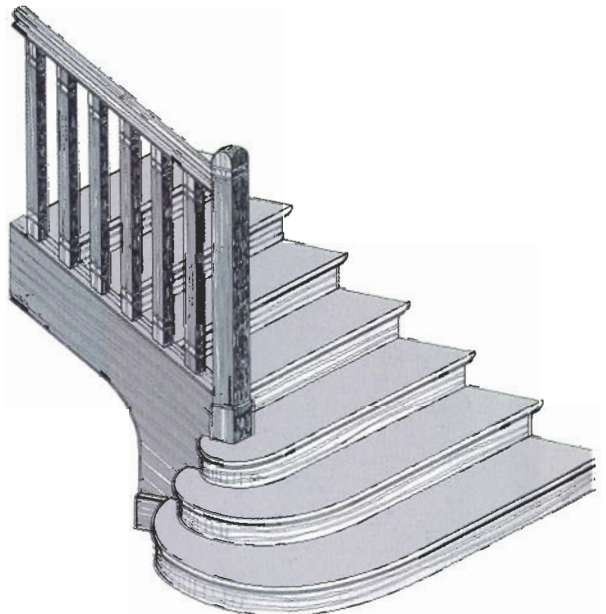
Geometría de la voluta del peldaño de arranque



Piezas estándar en escaleras prefabricadas



Los peldaños de arranque pueden ser rectos o curvos. Los primeros corresponden a rampas antiguas y rígidas (de barandilla superpuesta, etc.) mientras que los segundos son los más consolidados en todo tipo de rampas por su carácter más acogedor.



### Peldaños de salida o plaquetas

El peldaño de desembarco o peldaño de salida tiene el mismo largo que los otros pero su ancho suele ser menor para ajustarse a la longitud del tramo en su encuentro con el descansillo.

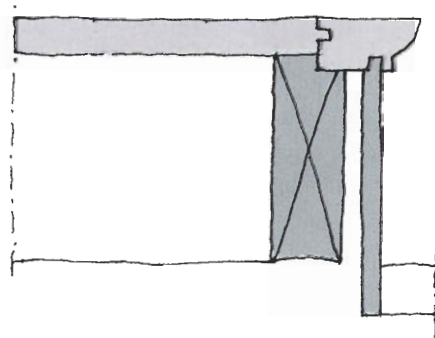
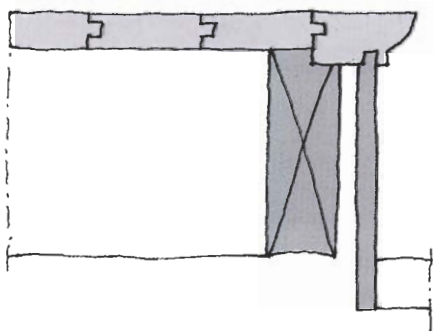
La huella de salida debe fijarse sólidamente al forjado o al pilarete porque ninguna contrahuella la sostiene por detrás.

Por otra parte debe adaptarse al revestimiento del descansillo y a su espesor, por ello se suele dejar un juego de 10-20 mm entre la contrahuella y el canto del forjado, para absorber posibles irregularidades de su borde, faltas de escuadría o alineación.

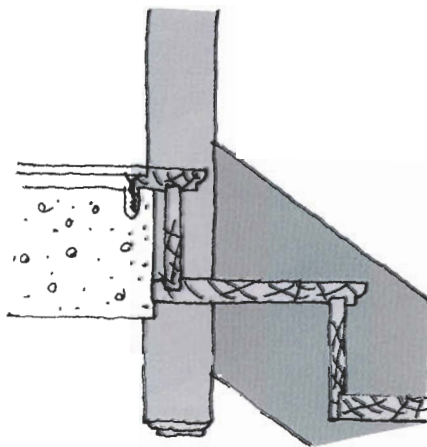
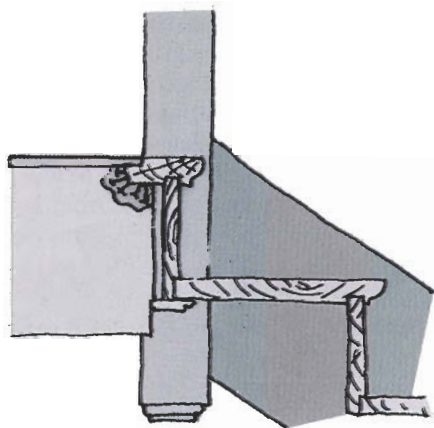
El peldaño de desembarco o plaqueta tiene diversas soluciones.

- Fijarla lateralmente a la zanca o al pilarete haciendo la huella de cierre transversal de la tarima del descansillo machihembrándose a las tablas.
- Enlazar la penúltima huella al forjado y apoyar sobre ella el último peldaño.
- Fijar la plaqueta a la solera del forjado por medio de clavijas, clavos o patillas metálicas.

Si la escalera no lleva plafón inferior, debe taparse la holgura detrás de la última contrahuella con un ancho suplementario de la penúltima huella o con tapajuntas.

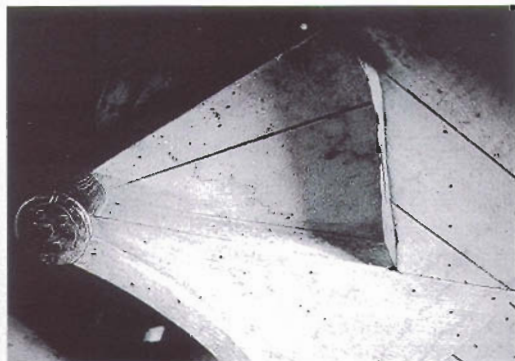


Plaqueta como recercado o como tabla de borde en la tarima del descansillo



Plaqueta fijada a la solera

# Descansillos, rellanos o mesetas



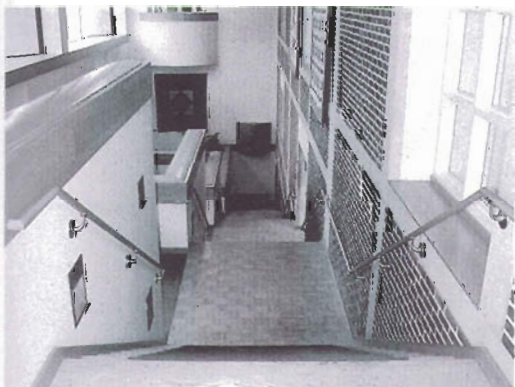
Descansillo de escalera de caracol

Los descansillos, de escasa importancia en las escaleras de caracol, tuvieron una gran trascendencia en la evolución de los otros tipos de escaleras.

En el plano funcional pueden considerarse como simples plataformas de acceso a la vivienda, cortes del tramo para evitar un número elevado de peldaños o medio para evitar los peligrosos peldaños radiales o los compensados, de difícil ejecución.

Tienen como único inconveniente el aumento de superficie destinado a la escalera.

En el plano estructural pueden ser portantes o apoyados. En cualquier caso



se diferencian de los descansillos de piso que son meros forjados.

## Descansillos medios en tramos rectos

Se colocan en medio de un tramo alargado y tradicionalmente se les da una longitud de tres huellas. El caso más sencillo es el de rampa entre dos muros.

Estructuralmente existen dos posibilidades de sujeción: la primera, prolongar las cremalleras con elementos horizontales fijados a la pared que reciben un revestimiento del mismo espesor que los peldaños. La segunda consiste en empotrar transversalmente dos vigas.

La cremallera superior descansa sobre la segunda viga mientras que la inferior se atornilla bajo la primera. En ambos casos el rodapié reduce necesariamente su altura en el descansillo.

Cuando se trata de una escalera exenta sólo se puede acudir a vigas empotradas, en voladizo, y a refuerzos con jabalcones.

## Descansillos de esquina

Son rellanos destinados a realizar giros de 90° para incrementar el confort de la escalera.

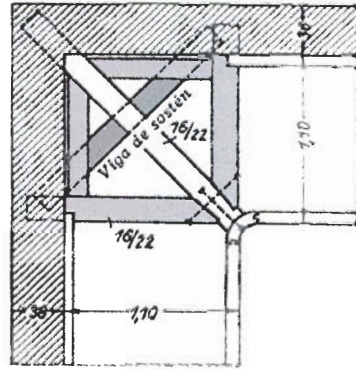
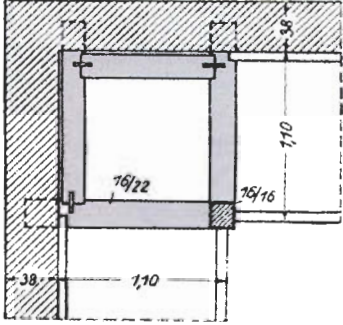
En las escaleras de caracol se lograban por la yuxtaposición de dos o tres peldaños.

Cuando la escalera está encajada entre dos muros, debido a la posición de los peldaños, sólo se puede empotrar una de las vigas del descansillo: la viga de llegada se ensambla con la de remonte, empotrada, o a la inversa: se empotra la





### Sistema de báscula



viga de llegada.

En el rellano, la unión de los rodapiés puede dar problemas de desfase y hay que rectificar la posición de los peldaños o, si el decalaje es pequeño, modificar ligeramente el perfil superior. Cuando hay tarima en el descansillo, es mejor que sea perpendicular a la subida para prevenir el posible atejado de las tablas por retracción, menos visible en la subida que en la bajada a la vez que evita que el usuario pueda resbalar al bajar. Pero también es muy frecuente la forma romboidal.

Cuando la escalera era libre, los descansillos de esquina se resolvían con dos viguetas ensambladas en el pilarete y empotradas en el muro.

En el siglo XVIII se desarrolló un sistema mecánico de báscula, válido para zancas cortas y pilaretes interrumpidos.

Consistía en enlazar el pilarete o el

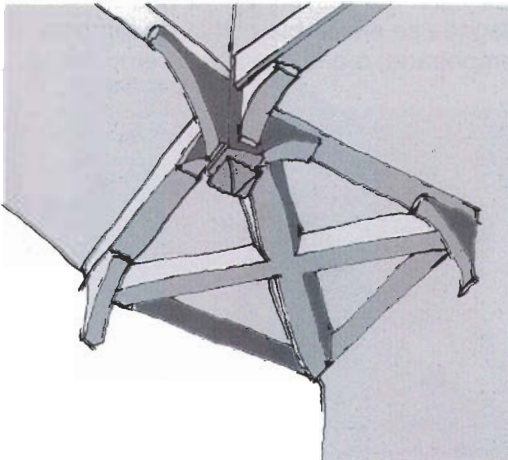
cubillo, a una palanca empotrada en la esquina. Esta diagonal apoya a media madera sobre otra transversal que cierra el cuadrado con dos viguetas empotradas y actúa como palanca. Para resolver estos ensambles de palanca se requerían fuertes escuadrías.

El ensamble de la palanca en el pilarete o cubillo debe oponerse al arranque; por lo que se usan clavijas o a patas metálicas. La estructura creada era muy delicada porque los esfuerzos se repartían entre las paredes de carga y los tramos precedentes y dependían de la precisión y la rigidez de los ensambles.

### Descansillos transversales

Se empezaron a construir a partir del siglo XVI en las escaleras de barandilla superpuesta y pronto se extendieron a todo tipo de escaleras dando origen a las escaleras de peldaños rectos.

Los primeros descansillos transversales no eran portantes y no jugaban más





Descansillo transversal del siglo XVIII

papel que el de plataformas de circulación y acceso al piso. No tenían, por tanto, ninguna influencia sobre la rampa y se construían independientemente de la escalera. Esta separación funcional ilógica se debía a la diferencia de oficios entre constructores y carpinteros ya mencionada.

Cuando esto cambió los descansillos se empezaron a formar con dos vigas empo-

tradas en los muros de la caja, y viguetas perpendiculares a ellas.

La viga principal formaba el último peldaño del tramo de subida.

Concebidos de esta forma, los descansillos transversales podían sostener las rampas y eliminar los pilaretes continuos aunque durante un tiempo ambos sistemas convivieron.

### Descansillos longitudinales

Son típicas de plantas largas y estrechas.

El espacio ocupado por la escalera se encuentra dividido en dos partes sensiblemente iguales: el descansillo y la rampa. Inicialmente existía un cuarto de vuelta con peldaños radiales en cada extremo de la rampa sobre pilares continuos. Más adelante, para evitar los peldaños radiales y su fuerte desnivel se suprimieron los pilares continuos y se introdujo la forma de L, con un descansillo formado con vigas transversales empotradas.



Descansillo transversal del siglo XIX. Colegio de Economistas de Madrid



# Revestimiento y protección del hueco

En muchos casos el hueco requiere determinados elementos de acabado y remate de la escalera: forros del forjado, plafones inferiores y barandillas.

## Forros

Son piezas de revestimiento que sirven para dar continuidad visual a la zanca en el descansillo y cubrir el canto del forjado. Se suele formar un bastidor plafonado con un alma de tablero o madera aserrada y alas de madera maciza, una especie de zanca-forro en doble T.

Cuando no hay pilaretes donde empotrar, el principal problema del forro es su posible descolgamiento, solo solucionable fijándolo al forjado.

Para prevenir las variaciones dimensionales por cambios de humedad conviene dejar un juego inferior entre el ala y el forjado (bastan algunos milímetros) aunque este problema puede minimizarse utilizando un alma de tablero contrachapado o aglomerado.

También se pueden fijar las alas a las viguetas del forjado antes de colocar el tablero y encajar éste después, previendo para ello un sobreranurado superior.

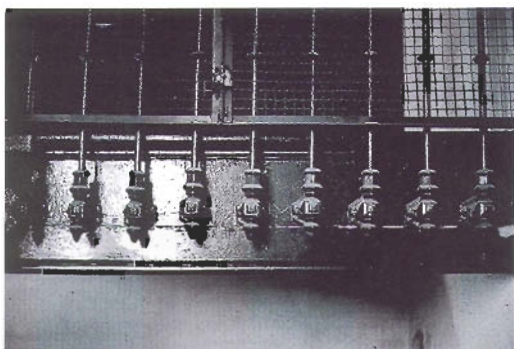
Una última solución consiste en encolar

las dos alas sobre bandas de contrachapado que van fijadas al canto del forjado. El tablero de revestimiento se encaja entonces en el sobreranurado superior o se sujeta con junquillos, solución muy conveniente en huecos circulares, porque permite absorber las posibles irregularidades de la obra, de la viguería o de las alas de madera.

## Cerramiento vertical de la rampa

Es el paño que cierra el arranque de la rampa. Puede ser de obra o un entramado de madera.

Independientemente de su composición, el cerramiento realiza dos funciones: disimula un posible descenso al piso inferior y proporciona estabilidad suplementaria a la rampa al afirmar su asiento



Fenda de retracción de un forro. Escalera del siglo XIX





(especialmente en las escaleras antiguas).

Con la extensión de los pilaretes de arranque, los cerramientos de la rampa tendieron a desaparecer lo mismo que los perpiños de piedra.

Los cerramientos de entramado madera fueron de uso común en muchas escaleras. Se formaban con un entramado fijado a un durmiente o patín de madera que enmarcaba el paño cuajado con plafones y bastidores de madera u otro material de relleno como guarnecidos.

Los cerramientos de tablero de madera podían ser curvos (de curvatura simple o doble) o planos (rectos o en esquina) siguiendo la traza de la escalera. En los

tableros curvos se buscaba el mayor número posible de elementos rectos.

### **Cerramiento inferior de rampas**

Desde el principio, los constructores se preocuparon del aspecto inferior de la escalera, dejando la cara vista o forrándola con un revestimiento.

En las escaleras de peldaños macizos únicamente se jugaba con el dibujo de la junta o bien se desbastaba y se forraba con plafones fijados a los elementos estructurales.

Cuando aparecen los peldaños compuestos el revestimiento más habitual es el revoco, que se aplica sobre un enlizado, si bien es una solución que podía dar



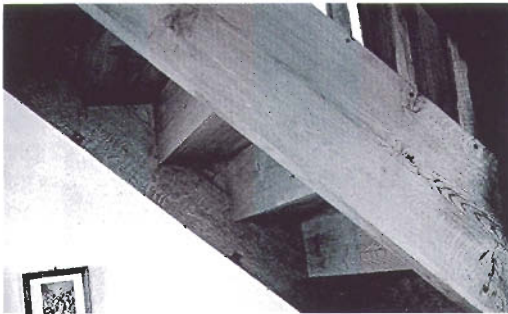
problemas de fisuras por las vibraciones de uso.

Otra solución muy practicada era colocar techos independientes, sin contacto directo con la rampa. Son propios de los siglos XVII y XVIII y los casos más interesantes se presentan al resolver los escalones compuestos de las escaleras a la inglesa.

El empleo de plafones como revestimiento obedece no solo a razones estéticas sino de aislamiento acústico.

El plafón de madera quita luminosidad pero es más elegante, si bien se adapta mal a los trazados curvos y sólo se realiza en obras singulares iglesias, palacios, etc. debido a su complejidad. La solución más aceptable consiste en emplear 'gajos' de tableros que se van adaptando progresivamente aunque con muchas juntas.

Desde finales del siglo XIX la moda llevó a dejar el intradós visto mostrando la cara inferior de los peldaños lo que llevó al moldurado de la arista inferior de las contrahuellas lo cual se aprovechó para camuflar los puntos de fijación.



## Barandillas

La barandilla es el cerramiento y quitamiedos de la rampa. Es la superficie que va desde el pasamanos al peldaño y puede ser cerrada o abierta, con motivos lineales o superficiales.

La barandilla cerrada se forma con paneles ciegos que siguen un diseño geométrico determinado.

Los dibujos lineales se denominan fajas o tubos si son horizontales mientras que las verticales se denominan genéricamente balaustres, concepto un tanto confuso, y barrotes.

Cualquiera que sea la solución que se adopte deberá tener la rigidez adecuada mediante anclajes y arriostramientos.

Las barandillas han evolucionado estilísticamente a lo largo del tiempo. Las de paneles pueden considerarse las más antiguas pero las más extendidas han sido las de balaustres. Las fajas, formadas por tablas, y sus variantes de tubo, han sido las protagonistas en la arquitectura más reciente.

En las barandillas, junto a su papel rigidizador y de seguridad, domina su condición ornamental.

### Dimensionado de las barandillas

Las dimensiones mínimas de altura recomendadas son muy similares en todas las normas y códigos:

Uso	Tramo	Altura min mm
Privado	Rampa	840
	Rellano	900
Común	Rampa	900
	Rellano	1000
Otros	Rampa	900
	Rellano	1100

Las medidas se toman en vertical desde la línea de borde del peldaño.

El hueco libre entre la parte inferior de la barandilla y el peldaño se recomienda que sea de menos de 5 cm en la rampa y 11 cm en el descansillo.

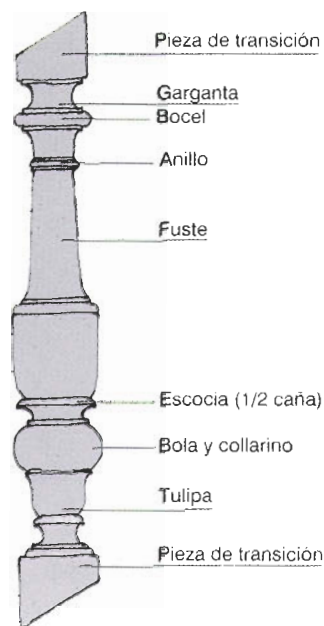
El hueco máximo (sean balaústres, barrotes o cualquier relleno) debe ser de 11 cm y no dispondrán de detalles ornamentales que puedan ser escalables o representar filos peligrosos.

En España es de aplicación la norma de obligado cumplimiento MV 101-1962: Acciones en la edificación. Esta norma fija la sobrecarga horizontal que debe considerarse en el cálculo de los antepechos de terrazas, balcones, etc. Esta norma tuvo una modificación parcial en la norma AE-88 e indica para el cálculo que en el borde superior se considerará una sobrecarga lineal de 200 kg/m y una sobrecarga horizontal superior a 50 kg/m. Por otro lado la norma tecnológica NTE-FDB Fachadas. Defensas. Barandillas trata sobre las barandillas para protección de personas y objetos frente al riesgo de caída en terrazas, balcones, azoteas, escaleras y locales interiores donde no se prevean grandes aglomeraciones (excepto barandillas de emergencia).

### Barandillas de balaústres

Etimológicamente la palabra balaústre, que procede del latín, significa flor del granado. Si esta flor es arquetípica de las primeras balaustradas desde luego evolucionó más tarde, hasta perder cualquier referencia inicial a su origen, derivando hacia otras formas muy variadas, algunas agrupables por semejanzas morfológicas.

Al margen de su función decorativa, estas barandillas, por su forma cuajada, y su



Partes de balaústre clásico 'a la inglesa' del siglo XIX. Las partes del balaústre en su versión más completa son: garganta, anillo, bola, collarino (bola más anillo), fuste plano, escocia (media caña), tulipa y bocel.

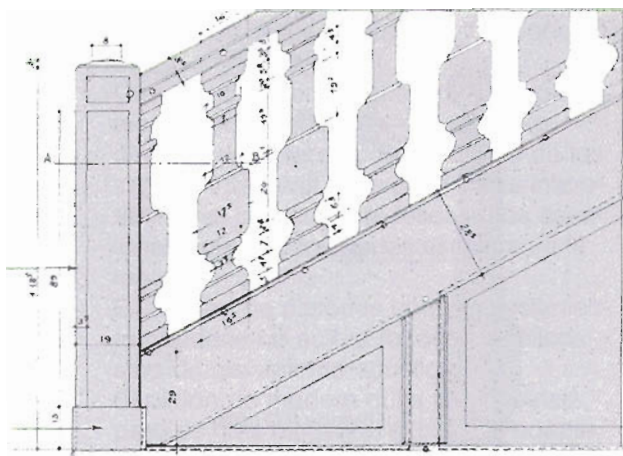
relación hueco-macizo cumplían muy bien su papel decorativo y de protección. La modulación de balaústres ofrece efectos de relieve que aumentan el valor de los huecos. No ocurre lo mismo con los balaústres planos, de tabla troquelada de sección sensiblemente rectangular, donde el juego de formas y contraformas planas es su único interés decorativo.

### Evolución histórica de los balaústres

Los balaústres, contrariamente a lo que se piensa, nacieron en la Edad Media aunque se extendieron especialmente a partir del Renacimiento. Tienen forma de pera con dos mecanizados distintos, el torneado y el silueteado plano. El siglo XVII es la edad de oro del balaústre. Domina el estilo Luis XIII y los balaústres son de madera (torneados y contorneados) y de hierro forjado. Los balaústres de doble pera toman formas asimétricas aunque su parte







**Arriba. Balastrada estilo Luis XIV (siglo XVII). Escalera del arzobispado de Troyes (Francia)**

**Los balaustres planos adaptan con más facilidad las molduras a la pendiente (derecha)**

superior conserva su forma primitiva. En la segunda mitad del siglo XVII domina el estilo Luis XIV que se manifiesta por sus formas más angulosas y líneas rectas con cierta asimetría tanto en su aspecto general como en sus partes.

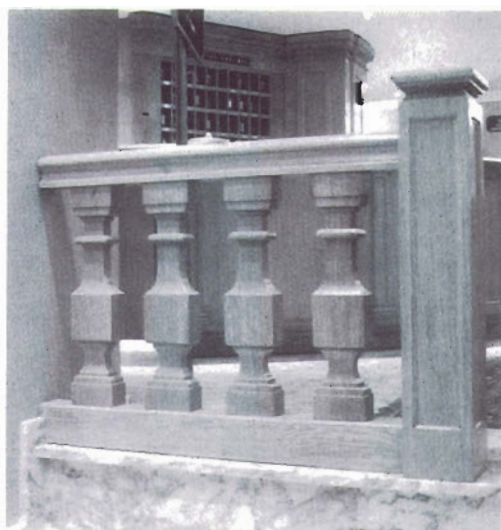
El desarrollo del hierro forjado provoca un retroceso en los balaustres de madera. Junto al balaustre clásico se introducen otras siluetas en forma de vaso o de cáliz.

Los balaustres planos acusan más que sus precedentes las líneas rectas con ángulos vivos en la parte alta de la panza.

El siglo XVIII es el siglo del Barroco pero influye poco en los balaustres. Los pocos balaustres de madera que subsisten son cada vez más estilizados.

Los balaustres torneados, tomaron a comienzos del siglo XIX un aspecto fusiforme ligeramente hinchado, inspirado en la forma de las columnas antiguas aunque los de doble pera volvieron a estar de moda junto con las formas de oviscapto y otros perfiles exagerados. Los balaustres silueteados fueron bastante raros en el siglo XIX porque su ejecución era compleja y producían una sensación de pesadez poco agradable.

Pero a lo largo de este siglo el balaustre



inglés es el más utilizado. Sus líneas son muy estilizadas.

A mediados del siglo XIX el ya comentado debate estilístico entre academicistas y románticos dio paso al efímero exotismo del estilo egipcio, y tras el descubrimiento de las ruinas clásicas, al estilo Segundo Imperio, más rico e imponente. Los balaustres de todo el siglo XIX reflejan las líneas estilísticas de todos estos movimientos ornamentales.

Finalmente al advenimiento de la industrialización, el hierro, que ya se utilizaba muy frecuentemente, desplaza totalmente a los balaustres de madera. Los balaustres de hierro forjado son la 'interpretación' en el nuevo material, de los clásicos. Son más ligeros y recuerdan solo vagamente los clásicos originales.

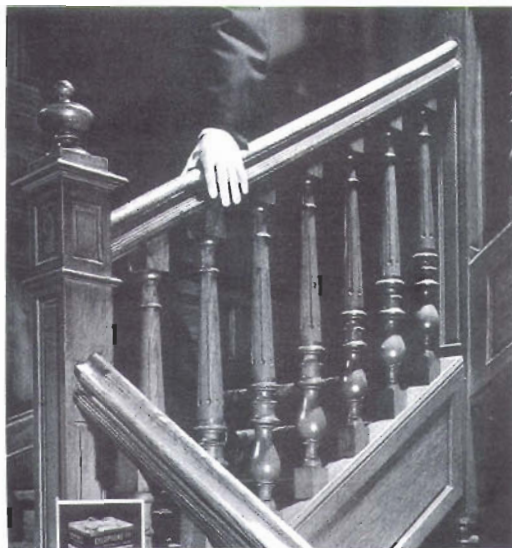
El modernismo y el Art Déco recuperaron los balaustres de madera, de acuerdo a su propio formalismo.

A pesar de la falta de uniformidad estilística del siglo XX permanecen ciertas formas clásicas, especialmente el balaustre inglés, en la vivienda tradicional.

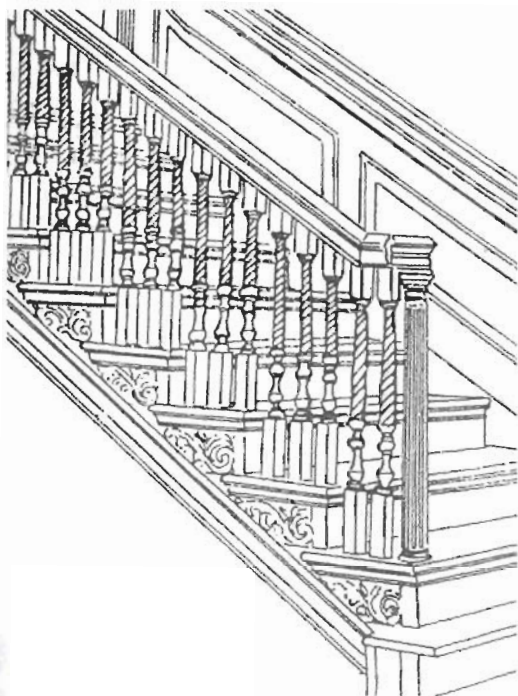
En la arquitectura moderna los balaustres han simplificado radicalmente su diseño, acercándose más a formas de geometría simple, los barotes.



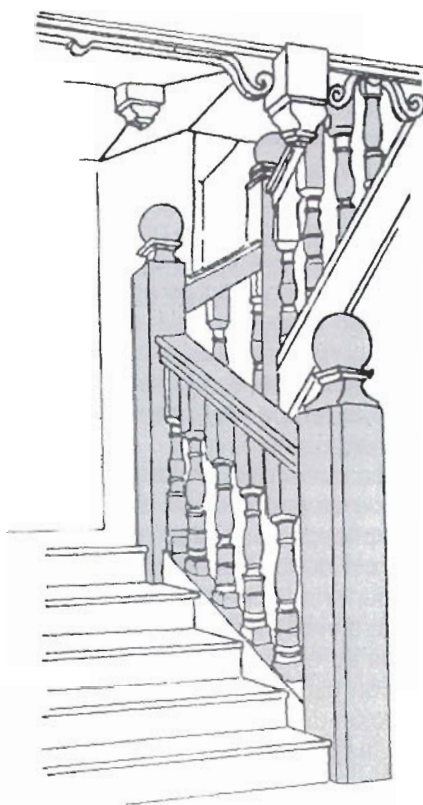
Los balaustres de doble pera simétricos y muy estilizados son típicos del siglo XIX



Balaustre torneado al estilo Luis XV, propio del siglo XVIII



Balaustrada estilo Reina Ana (siglo XVIII)

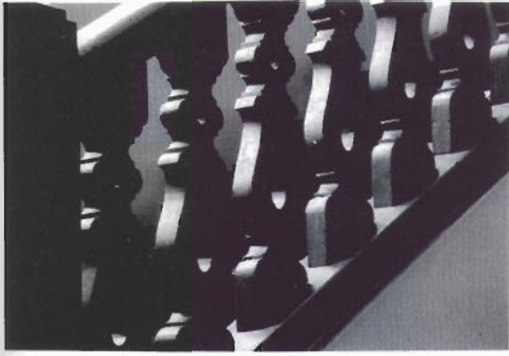


Balaustres renacentistas Ingleses, estilo Tudor



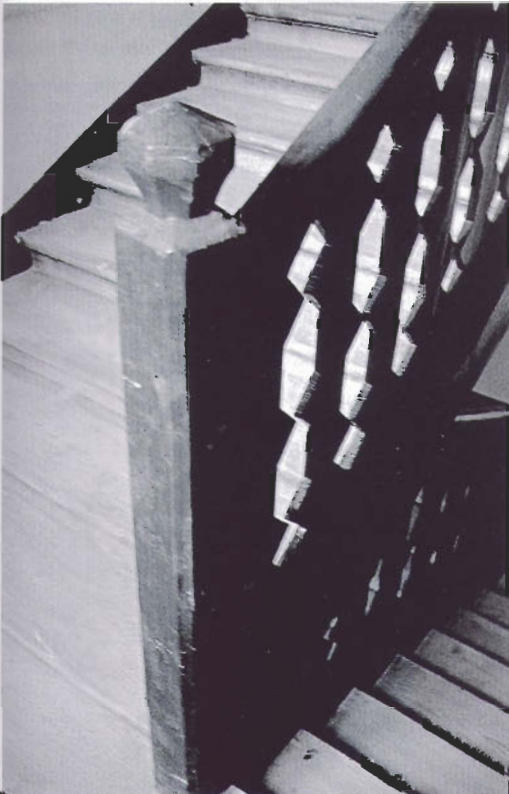






Balaustrada silueteada en Casa Efraín González. Luis Barragán. Jalisco, 1928

La distribución de las huellas y balaústres debe estudiarse para colocar un número entero de ellos en cada peldaño. Si la escalera es de peldaños compensados la única forma de repartirlos es prever cuellos casi iguales, lo que es más fácil



Balaustrada plana silueteada en vivienda anexa en el Monasterio de las Descalzas Reales de Madrid (siglo XVI)



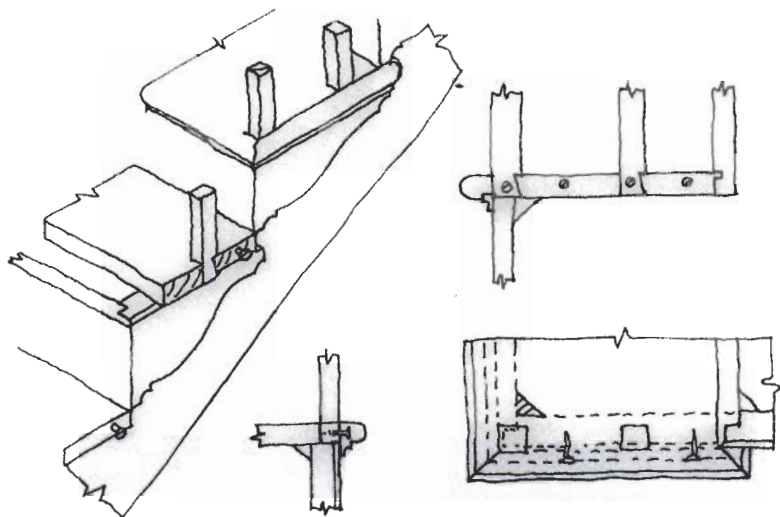
Balaustrados en vivienda colonial norteamericana

en desarrollos curvos. La continuidad de la pendiente en la línea superior de los balaústres se consigue variando las basas o añadiendo elementos torneados.

En las escaleras actuales se emplea un método de fijación más rígido. Se ensamblan a cola de milano en el borde de la huella añadiéndole, atornillada, la clásica 'oreja', una moldura que rigidiza la unión. Las barandillas deben estar también sólidamente fijadas en los descansillos para impedir y evitar la sensación de flexamiento al apoyarse. Generalmente la barandilla se fija sobre el perímetro del hueco. La zanca-forro del forjado proporciona un borde suficientemente resistente para recibir la barandilla siendo los pilares los que trabajan frente a las cargas horizontales.

Otra solución consiste en colocar la barandilla sobre el perímetro del forjado de descansillo. Se fija con tuercas roscadas, embebidas en la losa, o a través de una placa fijada con tornillos.

Si no existen pilaretes en las esquinas existen soluciones alternativas como los ensambles de cola de milano, reforzados con un perno roscado. Las tuercas se ubican en cazoletas que se camuflan posteriormente.



La ausencia de pilaretes es habitual en las escaleras curvas. Aunque una barandilla curva es mucho más rígida que una recta necesita con frecuencia un refuerzo a base de pletinas metálicas que actúan como núcleos de los balaustres o con escuadras atornilladas fijas al forjado.

### Barandillas macizas y de paneles

Como ya se ha dicho, las primeras barandillas (fin de la Edad Media y siglo XVI) eran de paneles, con entramados de madera y plafones machihembrados, macizos, ahuecados o con relieves.

Los plafones constituían casi la única decoración de las escaleras de caracol del Renacimiento y apenas se han repetido posteriormente: son plafones -esculpidos o moldurados- ensamblados a un bastidor, que se intercalan entre pilastras. Producían un efecto pesado.

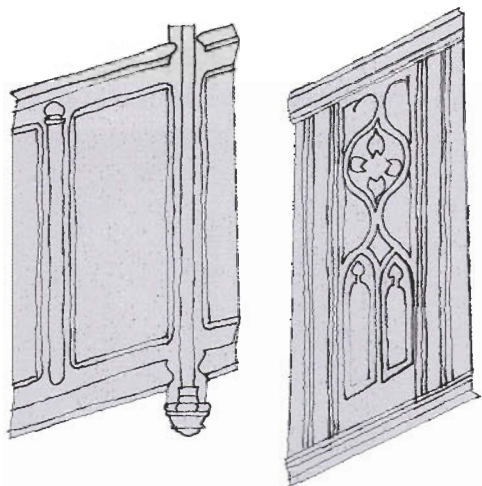
Actualmente sólo se pueden realizar con tableros de madera (normalmente contrachapado) o con materiales transparentes, consiguiendo efectos visuales completamente opuestos a sus precedentes. En este último caso se emplean especialmente materiales plásticos.

El polimetacrilato de metilo ofrece la ventaja de una seguridad y durabilidad

apreciables siendo a la vez fácilmente curvables por su carácter termoplástico. Dependiendo de su longitud, se encajan en ranuras que forman un recercado o se fijan con estribos metálicos en los pilaretes intermedios. Se trata de la solución mejor adaptada a las escaleras de caracol exentas.

El vidrio templado o armado posee innegables cualidades como barandilla pero tiene un peso excesivo. Además el curvado, realizado antes del templado, debe realizarse por especialistas, lo que implica cierta rigidez para el diseño. El vidrio convencional es interesante sólo si se logra disponerlo en segmentos planos. A estas soluciones se pueden añadir las rejillas y las celosías ensambladas que permiten obtener barandillas muy elegantes.

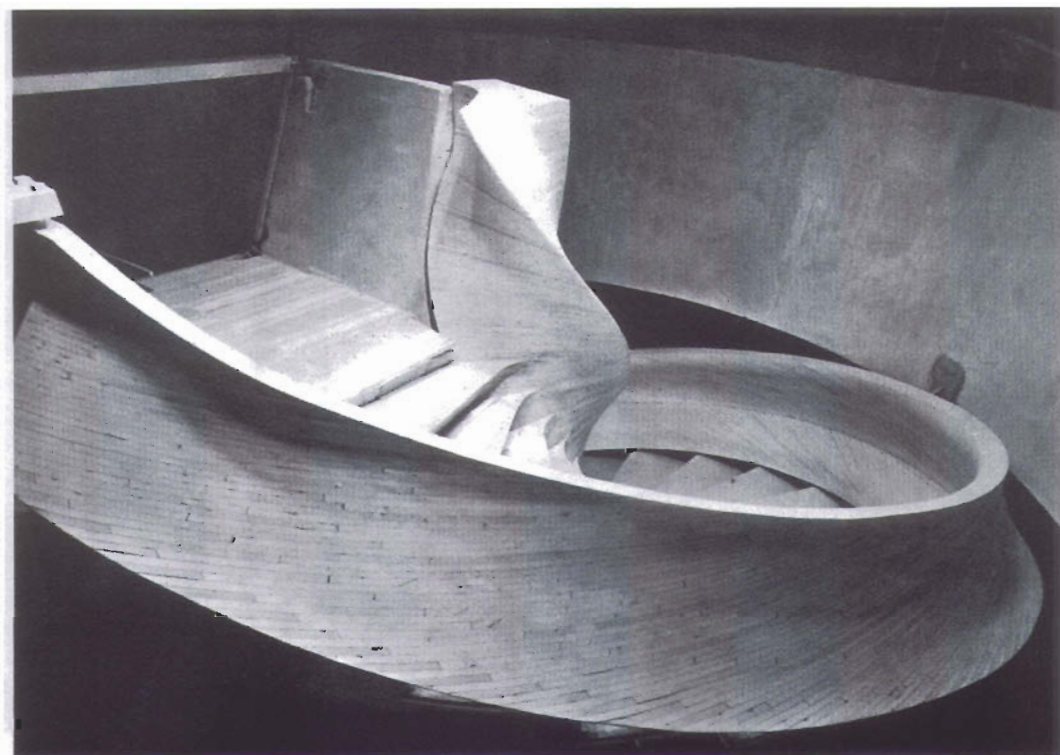
La investigación de nuevos materiales es imparabile pero tiene como limitación la de respetar las normas de seguridad



Barandillas plafonadas medieval y renacentista



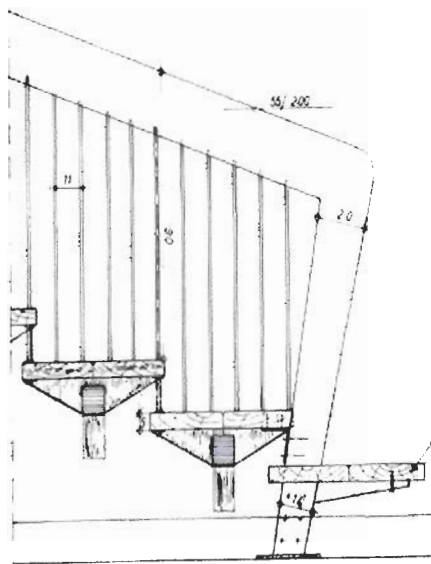
Barandilla de madera maciza



Barandilla de madera laminada



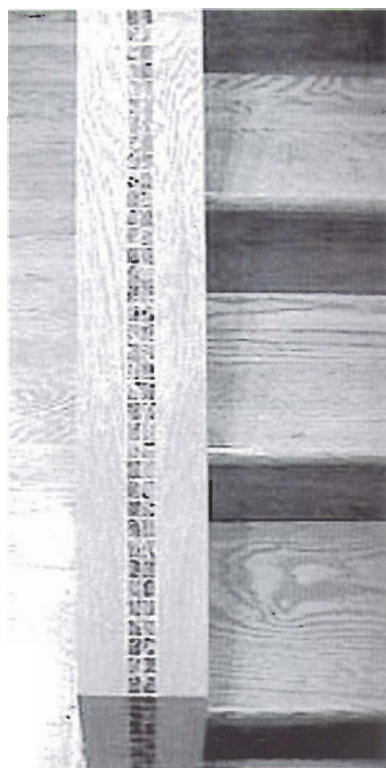
Barandilla de madera laminada

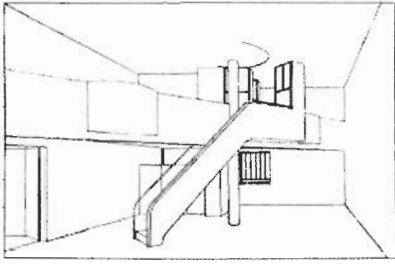


Barandilla de obra

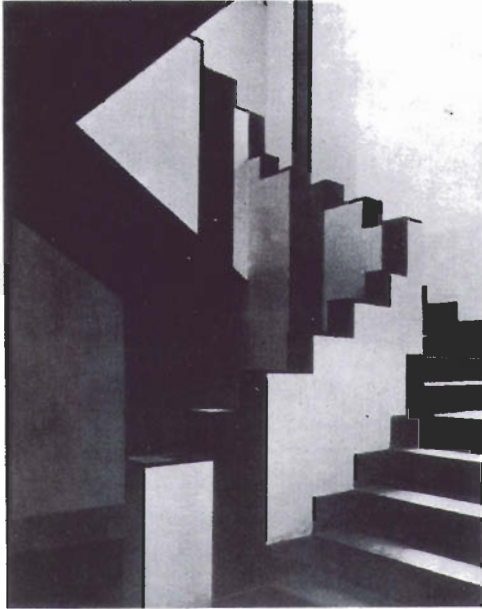


Barandilla de madera maciza





Dibujo de Le Corbusier. Barandilla de obra



Barandilla de obra. Dos escaleras de Gerrit Rietveld. Arriba, un cabaret en Estrasburgo (1928)



Dos barandillas de vidrio





evitando aparecer como simples elementos decorativos.

Otra variante de las barandillas de paneles son las barandillas de obra, que sabiamente utilizadas pueden dar tan buenos resultados estéticos como las otras.

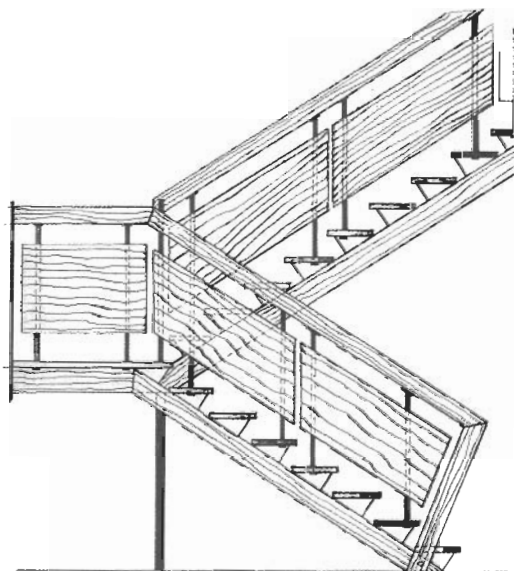
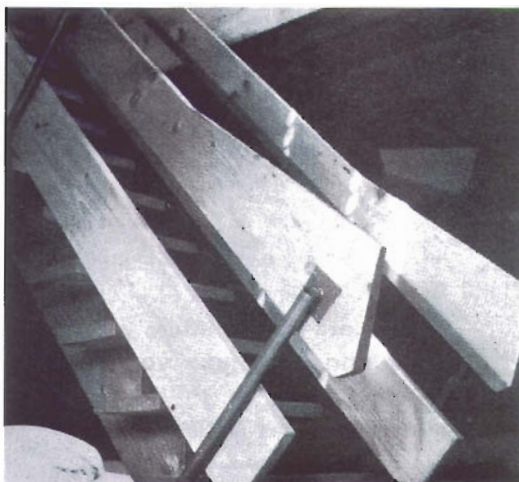
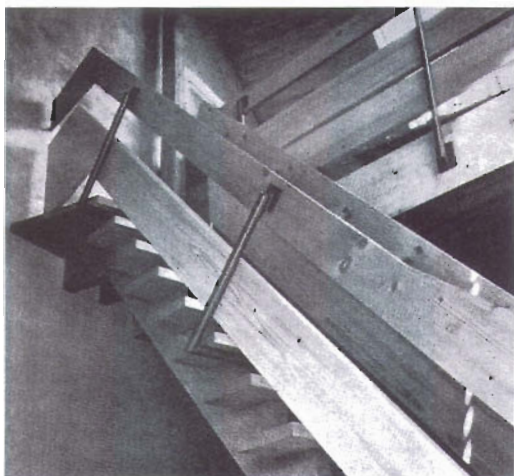
### **Barandillas de fajas**

Son las que forman franjas paralelas a las rampas, de madera y otros materiales. Podrían considerarse como barandillas de paneles porque la continuidad de sus líneas revela su misma lógica, pero su especificidad y su papel decorativo en los desarrollos rectos tienen especial influencia en los enlaces de rampas y rellanos. Algunas prescripciones para el diseño de estas barandillas son: por encima de los 45 cm, los espacios libres no se permite que sean superiores a 5 cm, a excepción del espacio entre la primera tira y el suelo que puede llegar a 11 cm. Por debajo de esta altura los espacios entre fajas pueden llegar a 18 cm, igual que en el resto de la



rampa medidas perpendicularmente a ésta; además, en escaleras a la inglesa, el hueco entre la faja inferior y el vuelo de los peldaños no debe superar a 5 cm.





### Barandillas de hierro forjado

Aparecen en el siglo XVII. Se realizan en la fragua, donde se va dando forma y soldando perfiles de hierro puestos previamente al rojo, hasta cuajar el paño comprendido entre pasamanos y zanca.

En los primeros modelos se formaban balaustres que se unían entre sí, más tarde fueron pequeños tableros colocados entre dos montantes, en ambos casos, con formas rizadas enlazadas que recuerdan a los balaustres clásicos de madera y de piedra.

Los perfiles más adecuados eran hierros de 18 mm de sección en adelante. Su peso por metro cuadrado oscilaba entre los 15 y 40 kg.

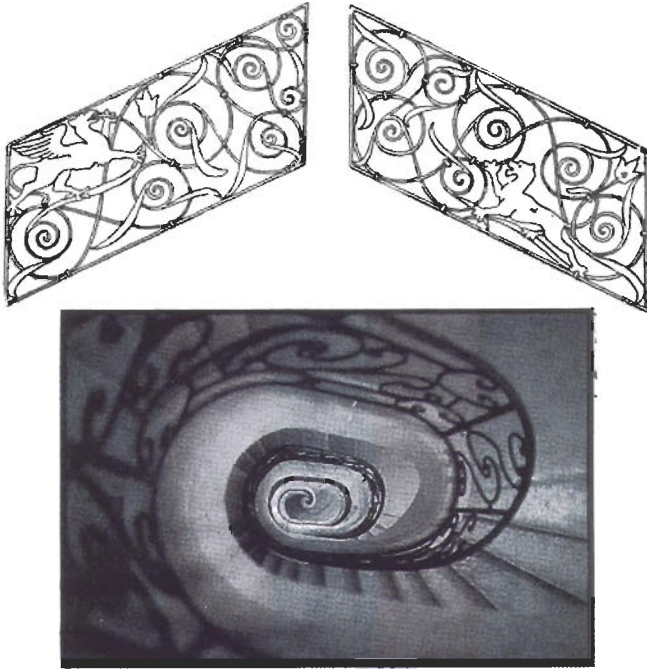
En los tableros de simetría simple la influencia del balaustre clásico se manifestaba más o menos marcadamente.

Posteriormente derivó en elementos verticales rematados por arcos hasta irse liberando de las referencias a la piedra y la madera y formando tableros largos. Su mayor difusión se produjo en el siglo XVIII con grandes tableros que se desarrollan dentro del marco, en el interior del cual se disponen motivos rizados con distintos ejes de simetría. Con todo, los motivos en forma de balaustre no desaparecieron completamente y se intercalan para ritmar las barandillas. Los empalmes se resuelven a veces con piezas de collar o tarugos

### Fajas y tubos metálicos

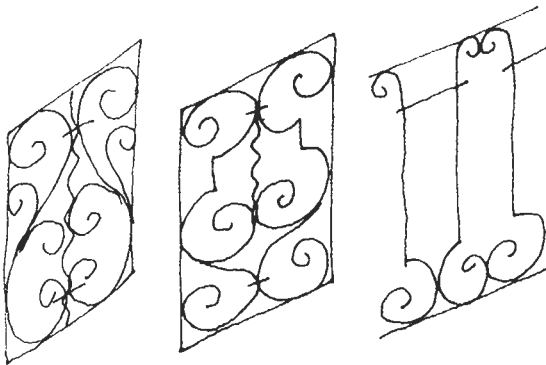
Le arquitectura racionalista puso de moda las barandillas metálicas de los barcos en su estética de inspiración maquinista. De configuración horizontal, las fajas se formaban con redondos o bandas metálicas soldadas a los pilaretes y se pintaban normalmente de blanco.

Con los perfiles colocados de canto, su aspecto es de gran ligereza. El pasamanos solía ser de madera.



ribeteados. Los marcos se fijan con diagonales a las esquinas. El apogeo del estilo Luis XV en los balaústres se caracteriza por una neta asimetría de los elementos de base y por la supresión casi total de los marcos aunque subsistan motivos de rizados esta vez asociados a motivos en S, curvas y contracurvas en composiciones complejas. A partir de 1700 el interés aportado por el descubrimiento de las ruinas de Herculano y Pompeya suscitó un nuevo

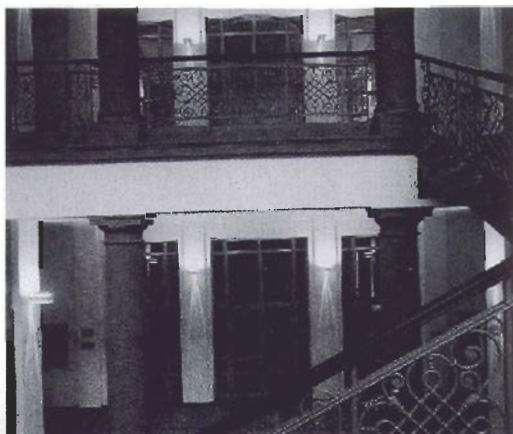
aprecio por la simetría y a los elementos geométricos, anunciando en el estilo Luis XVI de recuperación de la línea recta, pilastras jónicas, óvolos, entrelazos y grecas. En el estilo Segundo Imperio predominan



Balaústres metálicos estilos Luis III (siglo XVII), Luis XIV y Luis XV (siglos XVII y XVIII)







las líneas rectas o los extremos redondeados formando arcos rotos o entrelazados. Entre los elementos nuevos aparecen las flechas, los tableros rectangulares y diagonales, los frisos de rombos, etc. En el arranque del siglo XX algunas barandillas se distinguieron por su originalidad, siguiendo los cánones del Art Nouveau, al que se prestaban especialmente por su facilidad de moldeado. A partir de los años 30 se generalizan las

Diversos ejemplos de cuadros de hierro forjado en barandillas y un último caso en madera (edificio Forintek en Vancouver)

barandillas de obra macizas o tubo metálico.

Los cuadros de madera, con ser escasos, presentan algunas soluciones de interés y se han dado en la arquitectura contemporánea.



### Barandillas de barrotes

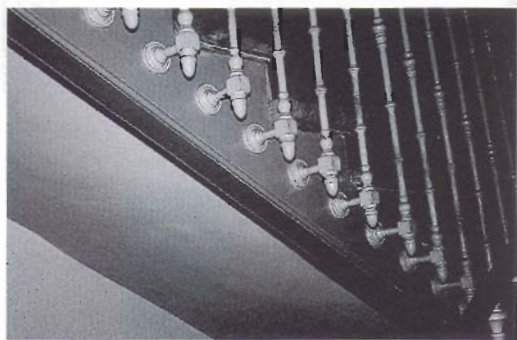
Desde mediados del siglo XIX se imponen los barrotes de hierro colado. La serialización de estas piezas facilita la formación de barandillas que sólo deben remacharse sobre el palastro del pasamanos.

Los barrotes inicialmente eran de una extrema sobriedad, en contraste con barroquismos anteriores pero para aumentar su rigidez se vieron obligados a introducir motivos ornamentales a distintas alturas. Las piezas de arranque se resuelven con piezas de mayor sección con forma de columna o con algún otro motivo arquitectónico.

De una manera general la altura de estas barandillas es la misma que la actual, 0,90-0,98 m y la separación de barrotes algo mayor a la aceptada por razones de seguridad, entre 13 y 16 cm.

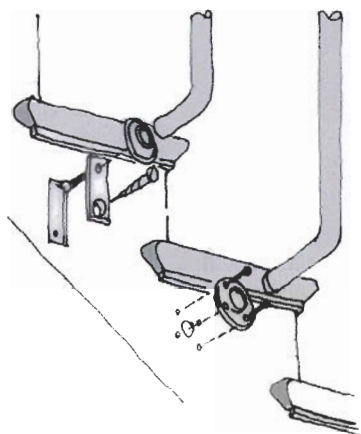
### Fijación de los barrotes

El agarre a obra de los barrotes de hierro colado y los marcos de fundición se consigue mediante empotramiento directo

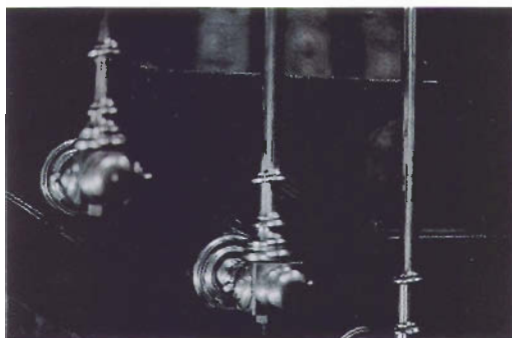
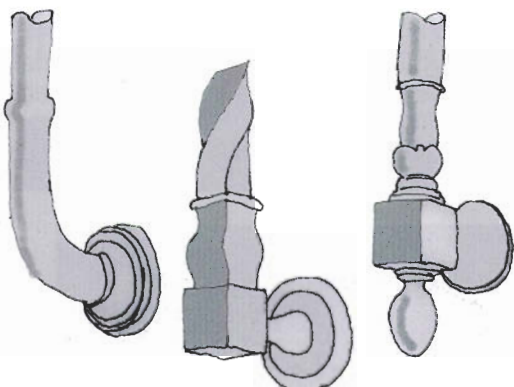


sobre los peldaños o con 'bofetón' lateral, cosidos con tirafondos a tacos superpuestos en las vueltas de las tabicas. La primera solución favorecía la continuidad y era interesante cuando los tramos eran rectos. Por el contrario, con peldaños compensados, la separación constante de los barrotes influía en la compensación. La elección, por tanto, dependía de que se diera prioridad a una cosa o a otra.

El método más sencillo para mantener la



Fuente: Les compagnons du devoir



separación entre barrotes era sin duda sacar la barandilla fuera, y fijarla a la zanca con cáncamos o presillas.

En cuanto a diseños, en las escaleras a la inglesa más antiguas el barrote se doblaba en 'cuello de cisne' y se encajaba en un placa horadada que se atornillaba a la zanca, disimulándose todo el conjunto con un rosetón de hierro o latón también atornillado.

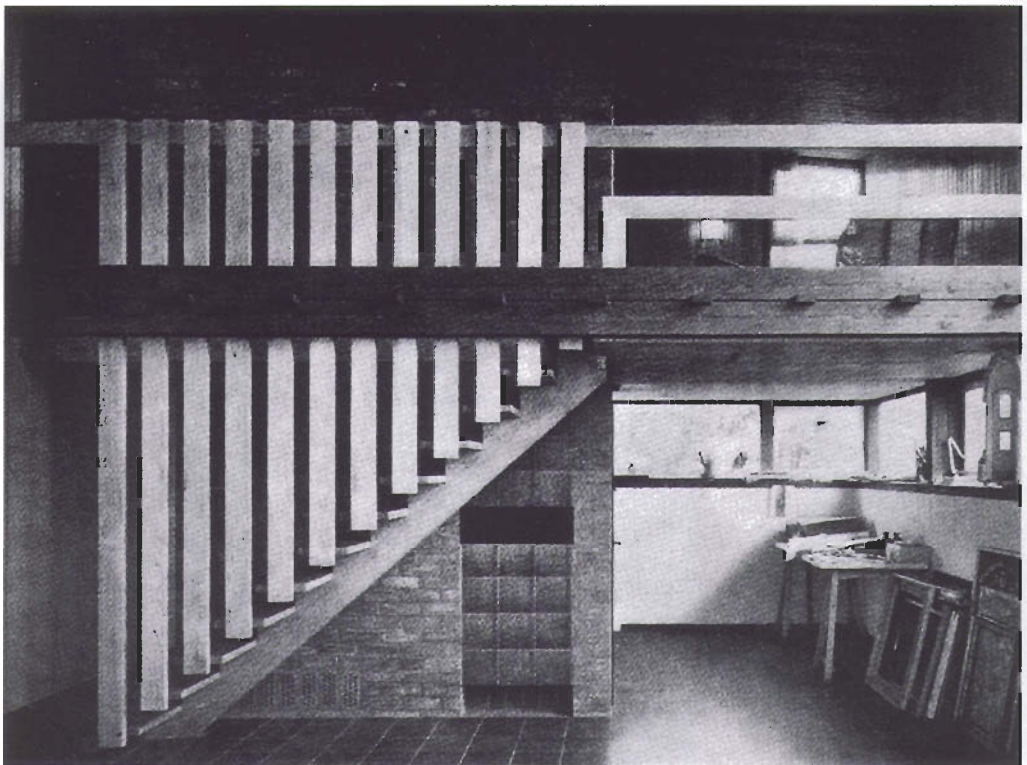
Otro método más simple y eficaz consistía en encajar el barrote en taladros de 5 ó 6 cm de profundidad, tapados con embellecedores atornillados a la zanca. En lugar de barrotes en cuello de cisne también se empleaban cáncamos de fundición, planos o cúbicos donde se encajaba y roscaba el barrote. El cáncamo de forma cúbica, el más empleado, se fue ornamentando progresivamente.

Los barrotes de madera, con ser menos usados que los metálicos han dado lugar a tipologías variadas e interesantes.





Diversos ejemplos de barrotaje de madera





### Barandillas portantes

Como variante del funcionamiento habitual de las barandillas que estructuralmente se apoyan en la zanca, las barandillas portantes trabajan de forma inversa.

Para ello deben dimensionarse adecuadamente (siendo preferible por ello la madera laminada).

Otro caso especial consiste en suspender los extremos de las huellas, del pasamanos, a través de tirantes metálicos que forman una balaustrada. El otro extremo de la huella suele empotrarse a la pared o colgarse con herrajes especiales.

Los tirantes arrancan desde la cara inferior de las huellas, con tuercas de grueso diámetro y van hasta el pasamanos.

Las barandillas prolongadas, también peculiares, normalmente de madera laminada o tablero alistonado, aprovechan las posibilidades de estos productos para prolongar el peldaño en la barandilla. Ver página 447.



Dos ejemplos de pasamanos portantes: uno recto y otro curvo





Barandilla portante en madera aserrada

### Barandillas en casas de entramado ligero

Con el desarrollo del sistema constructivo de entramado ligero se han plasmado en los códigos y reglamentos detalles constructivos con las dimensiones más habituales. La altura de los barrotes es de 32-33" desde el peldaño hasta la barandilla y su sección de 2 x 2 ". Los balaustres deben tener bordes suaves o redondeados. Los pilaretes tienen una sección en torno a 4 x 4" y se separan entre 3 y 6 pies. Los pasamanos tienen una escuadría de 2 x 6"



AITIM



Barandilla portante de Marcel Breuer. Hagerty House 1940

## Pasamanos

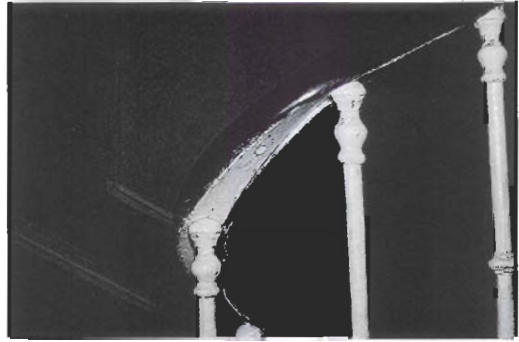
Son piezas cuya función es ofrecer al usuario un punto de apoyo en el avance y de sujeción frente a la caída, tanto en la subida como en la bajada. Deben, por tanto, ofrecer un agarre cómodo y agradable a la mano teniendo muy en cuenta sus valores decorativos. Su sección depende de la concepción y tipo de ensamble de las barandillas, así como de la sección de balaústres y pilaretes.

Existen multitud de perfiles que pueden adaptarse a cualquier barandilla pero el más corriente es el perfil ovalado que se completa con una garganta inferior recta para fijación a la balaustrada.

Partiendo de ciertos perfiles básicos es posible desarrollar un gran número de variantes. Así, el perfil cilíndrico se reserva para pasamanos estrechos y separados de la pared.

Algunos perfiles no permiten el agarre de la mano sino un simple apoyo, cosa que ocurre con determinados anchos. Otros, por sobresalir excesivamente, sirven para





Fijaciones del palastro al pasamanos en escaleras del siglo XIX

desplazar la línea de huella y crear un recorrido asimétrico de la escalera. Para los pasamanos se emplean fundamentalmente maderas finas y duras aunque recientemente se han incorporado también el tablero alistonado y la madera laminada.

Conviene resaltar que los cortes y empalmes efectuados sobre el pasamanos de una escalera curva son más numerosos que sobre la zanca para aprovechar mejor una madera que es cara.



Pasamanos labrado en el fuste central

### **Pasamanos en el fuste central**

En las escaleras helicoidales de escaso diámetro y poca huella, la colocación del pasamanos no elimina el riesgo de caída por lo que el usuario siempre tenderá a sujetarse instintivamente en el pilar central, que ofrece poco agarre. La sustitución de ese pilar por cables de acero tensado puede ser una solución porque ofrece diversos puntos de agarre. Otra solución es utilizar un fuste de forma prismática con entalladuras semicirculares o cualquier otro moldurado que consiga el mismo efecto.

### **Fijaciones de los pasamanos**

El pasamanos debe unirse primero al pilarote de arranque. El encuentro entre pasamanos y pilarote se tiende a resolver a caja y espiga más clavija de remache. La caja suele ser perpendicular al corte de la zanca. Modernamente se tiende a añadir un vástago roscado o una placa metálica de refuerzo.

En las escaleras de cubillo y pilarete cuando el moldurado del pasamanos es pasante, el perfil debe ser sencillo puesto que probablemente ha de ejecutarse in situ.

Entre pasamanos y barandilla la mejor junta es con brida o chapa metálica atornillada por debajo, aunque en muchas ocasiones se emplean espigas de madera.

En barandillas de barrotes de hierro colado la unión se realiza atornillando a tope o a través de una esfera porque se adapta bien a cualquier pendiente y



curva. Si el radio de la esfera es adecuado, el atornillado siempre es perpendicular. Entre ambos elementos se interpone la platabanda del pasamanos.

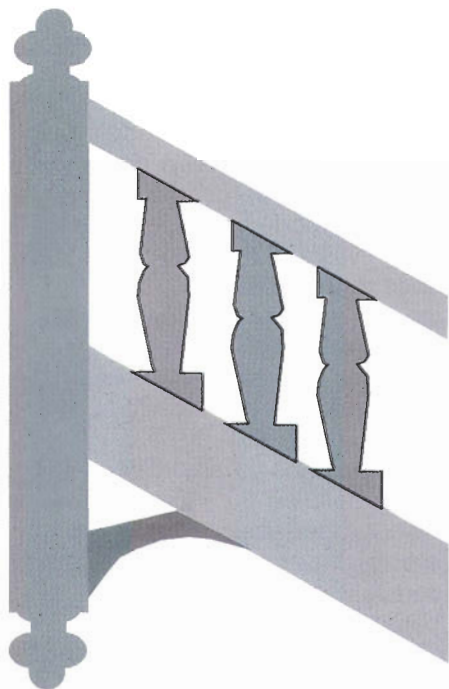
### Enlaces en barandillas y pasamanos

Un punto de enlace de difícil resolución es en el descansillo, doble se plantea un problema de diferencia de alturas entre pasamanos: 90 cm en la rampa y 100 mm en el descansillo.

Estos problemas de enlace provocan resaltes que son particularmente visibles en las escaleras a la inglesa y en las de cubillos y pilaretes.

Cuando existen pilaretes la solución más adecuada suele ser rebajar, a ambos lados, los pilaretes, para permitir recibir los empalmes a una altura superior de la que sería necesaria.

Otra manera es aumentar el recorrido, avanzando el vuelo del peldaño de salida (plaqueta), lo que permite al pasamanos de la rampa llegar a la altura del pasamanos del descansillo.



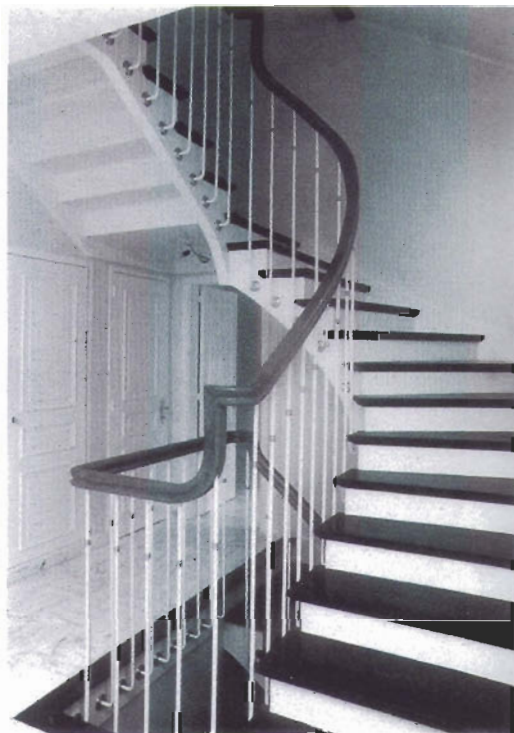
Resaltes típicos de las escaleras de pilaretes

En las escaleras de cubillo, el corte superior permite absorber la diferencia de altura y el falso techo inclinado puede enlazarse con el del descansillo aunque el corte inferior del cubillo tiene el riesgo de presentar un quiebro. Para limitar el corte y mantener la horizontalidad sobre el cubillo se puede elevar progresivamente el pasamanos en las últimas dos o tres huellas. Esto tiene el inconveniente de producir un pasamanos excesivamente alto en ese tramo.

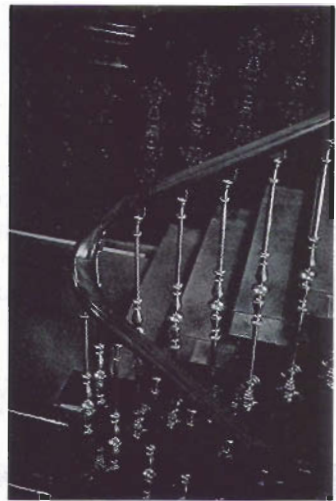
La continuidad de líneas es esencial para la escalera de cubillos pero es secundaria en las de pilaretes, en la cual prevalecen los aspectos constructivos.

En las barandillas de fajas existen varios métodos para solucionar la diferencia de alturas.

El primero consiste en replantear primero las fajas horizontales del descansillo a 1 m de altura. La junta se coloca en el corte



Este quiebro es la forma más sencilla de resolver la diferencia de nivel entre pasamanos de descansillo y rampa



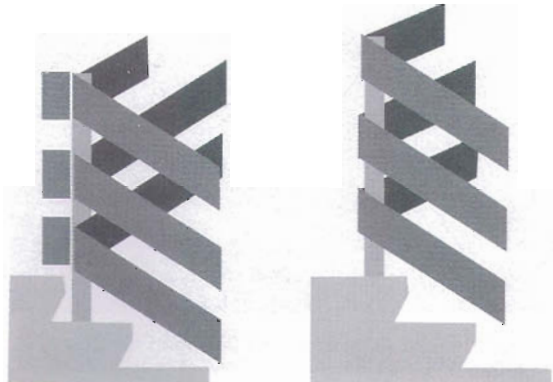
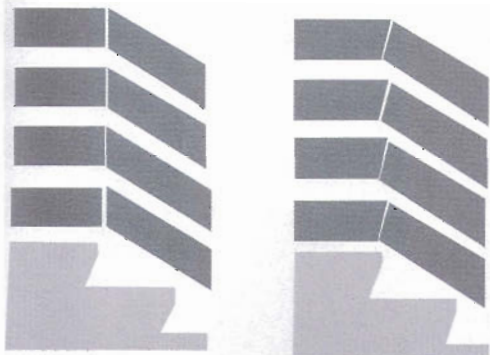
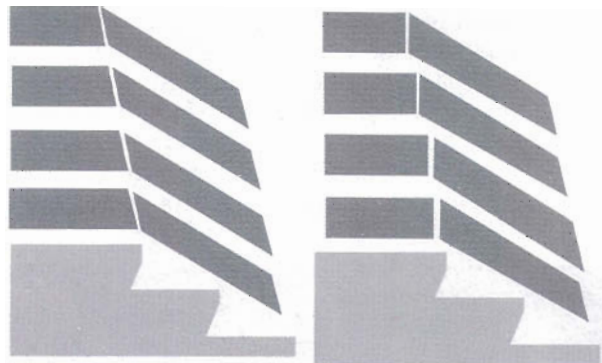
### Discontinuidad y continuidad del pasamanos

vertical a la altura del vuelo del último peldaño de la rampa y a partir de esta recta se tiran líneas paralelas a ésta con los anchos y separaciones que resulten. La altura de la barandilla en la rampa debe ir a 90 cm del vuelo del peldañado. Si se cortan las fajas verticalmente, los empalmes se pueden efectuar sin problemas sobre un pilarete, acompañándose de una reducción del ancho. Si se quiere conservar éste, los cortes perderían la perpendicularidad, realizándose el corte según la bisectriz del ángulo formado entre las piezas inclinadas y las horizontales.

El segundo sistema consiste en replantear desde la barandilla de la rampa, colocando la junta en la recta virtual que une el encuentro de las barandillas y el vuelo del último peldaño de la rampa, lo

que reduce del ancho de las lamas. La junta puede realizarse siguiendo esta línea inclinada o verticalmente en cada tira. Cuanto más pronunciada es la pendiente, mayor será la separación entre lamas y menores sus anchos.

Cuando la separación y tamaño de las tiras es variable, la transición entre la barandilla



de la rampa y el descansillo se realiza con una recta inclinada, lo que produce un efecto extraño.

Por efecto óptico la perpendicularidad y la anchura de las tiras parecen menores en la rampa.

Como conclusión cabe decir que, tratándose de un sistema aparentemente simple, da problemas de juntas a veces difíciles de resolver en trazados rectos; más

aún si son curvilíneos. En cualquier caso los cortes y los empalmes de barandillas han de realizarse fundamentalmente teniendo en cuenta el orden de los peldaños vistos en planta. Cuando la fijación de las bandas se realiza sobre pilaretes, conviene utilizar -a fin de conservar los pasamanos y los pilaretes un elemento intermedio- en torno a los 4 cm para el retorno de la palma de la mano.

## Pilaretes y cubillos

Son piezas que sirven para enlazar dos zancas, normalmente en escaleras a la francesa.

Como ya se ha dicho, el pilarete es un madero de gran sección mientras que el cubillo tiene forma de media corona.

Para poder hacer el empalme con espigas o llaves empernadas, sus gruesos deben ser al menos los de la zanca. Si se prevén muchos cajeados, se deben sobredimensionar adecuadamente para evitar el debilitamiento de la sección.

Los pilaretes y cubillos aseguran ante todo la rigidez de la estructura, y juegan un papel importante en el ámbito decorativo.

El trazado del cubillo depende de la dimensión del ojo de escalera siendo lo

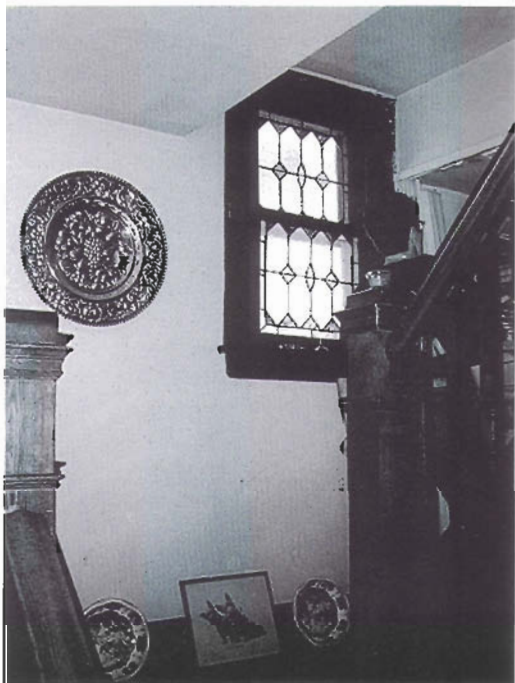
ideal mantener la misma pendiente de la rampa. Para que esta no sea excesiva, y su trazado complicado, el ojo será como mínimo de 18-20 cm de radio interior.

Para dimensiones mayores no se puede emplear madera maciza sino tablero alistonado o madera laminada.

Cuando hay peldaños compensados la transición de tamaño ha de ser suave para evitar un estrechamiento fuerte de la zanca que hace muy mal efecto.



Casa Efraín González. Luis Barragán. Jalisco, 1928





# Pilarotes o pilaretes de arranque

El pilarote es el pilarete de arranque de la escalera y recibe el entallado de los primeros escalones y de la barandilla. Independientemente de su función estructural recibe formas variadas, siempre que el espacio lo permite. Lo normal es que su forma vaya 'a juego' con los balaústres teniendo en cuenta el aumento de tamaño necesario para conservar las proporciones y permitir los ensambles.

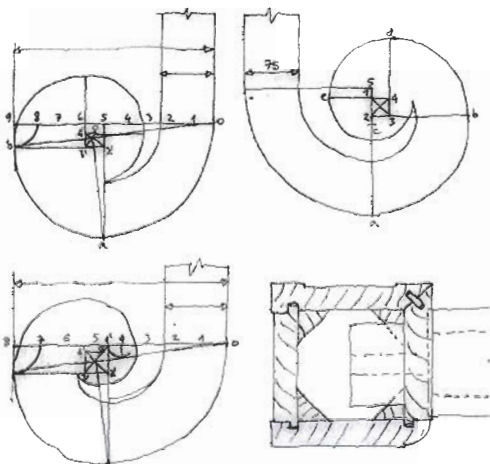
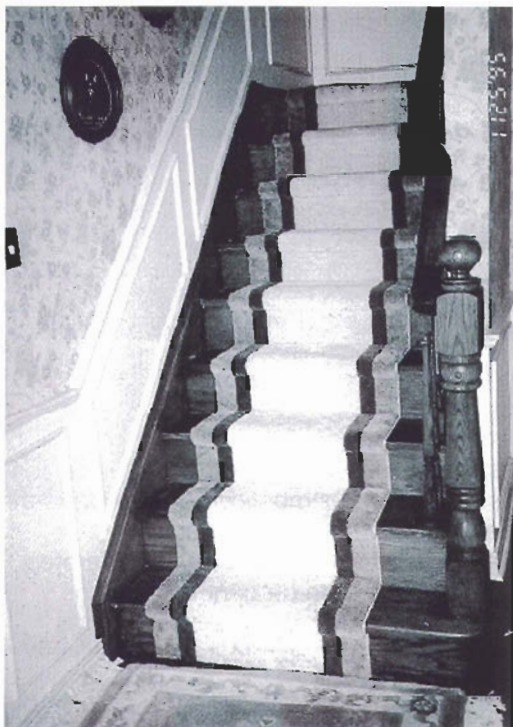
La cabeza del pilarote suele rematarse con formas torneadas, de bola, de bellota, de pera, etc. Raramente se siluetea en plano aunque los balaústres sí lo estén.

La tendencia general es colocar piezas cuadradas con las aristas ligeramente molduradas.

La rigidez del pilarete de arranque es importante y depende de su sección, de su forma y de su modo de fijación al suelo.

La fijación puede ser con un vástago roscado (un extremo se atornilla o está

embutido en la solera y el otro recibe una tuerca que se aprieta desde una cazoleta). El empotramiento del pilarote puede ser insuficiente, máxime cuando se coloca con el suelo ya acabado, por lo que los carpinteros a veces recurrían a reforzar el pilarete con una voluta, una repisa adosada, o perpiño, en torno a él, que actúa como



Uno de los remates más clásicos de pilarote es el helicoide de cuatro centros, que conjuga una gran belleza y rigidez.

El pilarote no macizo sino compuesto ahorra materia prima y consigue resultados parecidos



prolongación de la rampa y es ligeramente curvada.

Otra solución consistía en aprovechar estéticamente el regreuso del pilarote con esculturas que simbólicamente acogen o defienden el acceso a la escalera.

En las barandillas de hierro, los pilarotes se forman a base de paneles, marcos y repisas conjuntando varios montantes hasta formar un pilarote calado de sección rectangular. Otra solución más adaptada al trabajo de la forja es formar un pilarote que se 'enrosca'.

Las barandillas de barrotes se rematan con un pilarote de hierro de gran sección, normalmente apoyado sobre piezas cilíndricas superpuestas a modo de pilas de una fuente.

Los arranques curvos más complejos se realizan a partir del siglo XIX inspirados en los grandes estilos decorativos con adornos de divinidades, grifos, quimeras y animales (leones, perros o pájaros).

El arranque de la escalera ha sido desde

entonces determinante en el aspecto general de la obra.

### Uniones entre zanca y pilarote

Son de tres tipos fundamentales: a caja y espiga, con perno roscado y con tirafondos.

#### Ensamble a caja y espiga

Es el ensamble clásico entre zanca y pilarote. La espiga suele ser un tercio de la zanca y lleva un espaldón que facilita el ajuste y limita el debilitamiento del pilarote en el montaje/desmontaje. Un espaldón similar se realiza en la zanca -arriba y abajo si se trata de un pilarote de esquina- para que el movimiento de la madera con los cambios estacionales no descubra la mortaja. Se biselan hacia los bordes de la mortaja.

El pasamanos se ensambla en el pilarote también a caja y espiga con espaldones biselados. La zanca también se puede ensamblar en vivo (sin espaldones) a condición de que sea poco moldurada, ya que se pueden dañar sus aristas.

Lo normal es añadir un enclavijado o tarugo de las espigas para mejorar la rigidez: ya sean pasantes o encolados.

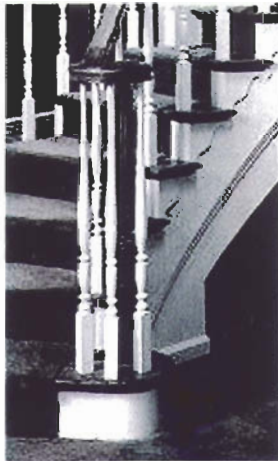
#### Perno roscado

El perno roscado provisto de tuerca en cada extremo es una solución intermedia que ofrece la ventaja de ser más resistente. Los orificios necesarios para encastrarlos deben también quedar practicables aunque ocultos; se los coloca en el rebaje de alguna huella o contrahuella o bien en el pasamanos, a no ser que se quiera dejarlos vistos por razones estéticas.

El perno roscado evita el debilitamiento del pilarote por la mortaja de la zanca pero es poco recomendable para la zanca, porque el taladrado en la madera de testa es muy poco seguro.

#### Tirafondos

Los tirafondos sustituyen ventajosamente a los pernos porque su filo es más agudo



y se pueden emplear cuando se requiera un apriete más firme, a condición de que se introduzca una lengüeta o espiga en el extremo de la zanca para dar rigidez lateral a la unión, o de que el ensamble al pilarote sea en vivo. La cabeza del tirafondos debe quedar practicable pero invisible (en cazoleta y con tapa). Además no conviene que la cabeza del tirafondos quede demasiado cercana a la superficie porque la retracción de la madera podría presionarlo.

### **Bulón-tornillo**

Es una solución intermedia entre el perno roscado y el tirafondos. Para obtener mejor resistencia al arranque es preferible

atornillar sobre la placa del pilarote que en la testa de las piezas inclinadas (zanca y pasamanos).

Esta solución permite no taladrar más que un solo orificio en la zanca o en el pasamanos. Aunque sigue siendo necesaria una lengüeta, un empalme en arista para mantener a las piezas en posición.

Si la escuadría de la zanca es muy grande -lo que es frecuente en peldaños de arranque compensados- puede ser necesario usar los tres elementos de empalme.

### **Unión con perno roscado y bulón-tornillo**

El pasamanos puede fijarse igualmente con vástago roscado o por una o dos





# Tipologías de escaleras

## Tipologías estructurales

### A la molinera

Son escaleras de fuerte pendiente (entre 45 y 60°), a veces casi vertical, con peldaños encajados lateralmente en dos zancas. Las huellas deben sobresalir respecto a éstas para asentar mejor el pie, motivo por el cual no suelen llevar tabica. Los peldaños, encajados en las zancas, atan transversalmente la escalera y son los que reciben toda la carga, por lo



Escalera a la molinera normal

que no se debe emplear más que a tramos rectos y con ensambles fuertes, tipo cola de milano. Se usan en construcciones de carácter temporal o industrial descartándose en el ámbito doméstico por su incomodidad y peligrosidad. Estructuralmente se considera una variante de escalera a la francesa (ver más adelante).

### A la inglesa

Se trata de escaleras donde huellas y contrahuellas siluetean el perfil de la zanca, la cual ve reducida su capacidad portante por los entrantes de los peldaños. Es una escalera muy decorativa pero constructivamente es menos rígida que la francesa y se desarrolló especialmente en el siglo XIX.



Escalera a la inglesa en Villa Mairea de Alvar Aalto



Dos escaleras a la francesa (rústica y clásica)

### A la italiana

Se caracteriza por sus tramos rectos situados entre dos muros y cortados a menudo por descansillos. No permite una visión de conjunto de la escalera.

### A la francesa o ensambladas

Se trata de escaleras donde huellas y contrahuellas van ensambladas entre sí, y a la zanca, por lo que todo el conjunto forma una unidad que reparte las cargas entre todos los elementos. Como sistema constructivo es el que da mejores resultados porque es autoportante, sin embargo suele dar una imagen más pesada.

### En voladizo

Es una escalera en la que los peldaños van empotrados por un lado en la zanca o en el muro, quedando el otro lado en voladizo. La zanca está formada con materiales estructurales clásicos (acero, hormigón, madera, etc.)

### Portantes

Es una losa inclinada que enlaza dos forjados. No existe caja de escalera y puede formarse con una o dos zancas. Su forma puede ser recta, curva o



Escalera en voladizo



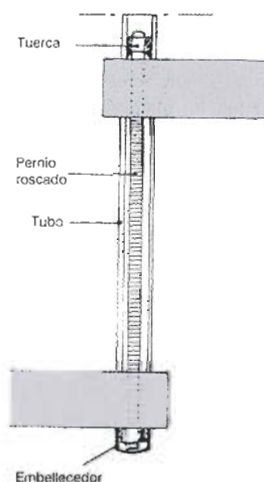


**Escalera autoportanto de caracol**

helicoidal. Constructivamente es una escalera mixta (ver más adelante)

### **Colgada**

Es una escalera que carece de zanca. Uno de los lados de los peldaños cuelga de otros peldaños, del forjado superior o



de una estructura auxiliar interpuesta mediante cables o tirantes, estando el otro lado, empotrado o apoyado en la zanca o en un espigón.

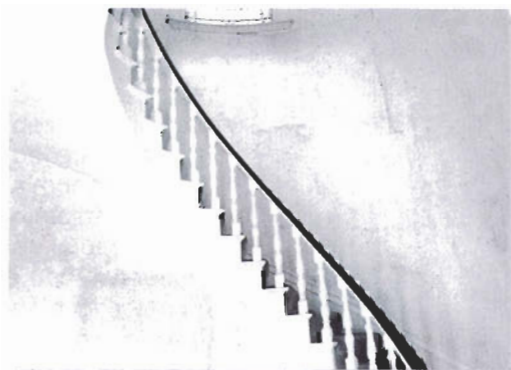
## Tipologías constructivas

### **A la catalana**

La rampa se forma con una bóveda tabicada formada por tres capas de rasilla unidas la primera con yeso y las otras dos con mortero de cemento.

### **Adosada**

Una de las zancas la forma la propia pared o está íntimamente ligada a ésta.



**Escalera adosada**

### **De zanca central**

Una sola zanca o viga está situada en el eje de la rampa, con los peldaños en voladizo o apoyados.

### **De gato**

Formada por perfiles de hierro empotrados en la pared, donde se fijan los peldaños.



**Escalera de gato**

### Mixtas

Son escaleras en las que normalmente la madera sólo interviene como revestimiento, en la formación del peldaño, en la

huella o en una de las zancas. La rampa se forma con hormigón, a la catalana o con viguetas metálicas.

## Tipologías por trazado

Las múltiples formas y disposiciones adoptadas en las escaleras a lo largo del tiempo han dado lugar a clasificaciones complicadas que tratan de compatibilizar los diferentes criterios clasificatorios. Esto trae como consecuencia terminologías contradictorias empleadas por los profesionales y los libros disponibles, pocos por otra parte. En este caso se ha intentado escoger la más simple posible e irla subdividiendo progresivamente. La división troncal parte de su trazado recto y curvo.

### Trazado curvo

Se caracterizan porque su planta (proyección horizontal) es total o parcialmente (a veces se interrumpen con líneas rectas) curva, sea ésta regular o irregular. Las líneas de doble curvatura exigen su proyección sobre dos planos para obte-

ner los *volúmenes capaces* sobre los cuales aplicar las plantillas (calibre alargado) que permiten la obtención de las piezas.

Cuando las zancas, los pasamanos o las cremalleras son de madera, la veta puede seguir la dirección de la pendiente (escaleras modernas) o ser vertical (escaleras antiguas). Su ejecución reclama una gran especialización que incluye estudios teóricos previos (especialmente de geometría).

### Circulares

Son escaleras cuyo perfil exterior y su ojo central tienen forma circular.

### Helicoidal

Es una escalera cuya zanca describe una hélice alrededor de un vacío central. La helicoides se genera por los peldaños





que se mueven en una hélice y en cilindro que la contiene que es el hueco central.

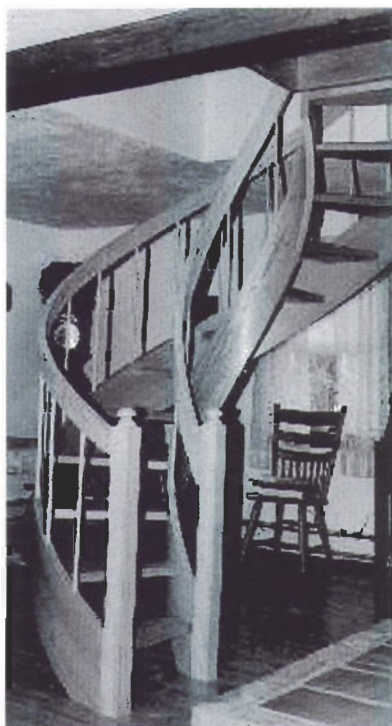
### En espiral

Es una escalera que describe una curva que se va alejando de su centro progresivamente. Es una escalera muy especial que se hace pocas veces (ver en página 423 la escalera del Museo Vaticano)

### De caracol

Su planta es circular pero su zanca describe un helicoide cerrado (en curva o poligonal) por lo que los peldaños giran alrededor de un eje central o plano director describiendo una circunferencia de la que los peldaños son sectores. Puede no tener rampa, en cuyo caso los peldaños van unidos:

- a una zanca exterior helicoidal mediante empotramiento o simple apoyo (a la francesa o a la inglesa respectivamente),



- a un pie central por el cuello del peldaño (este pilar puede ser virtual, es decir, formado por los propios peldaños apilados),
- al muro que forma la caja o, finalmente,
- colgados con tirantes desde una estructura superior.

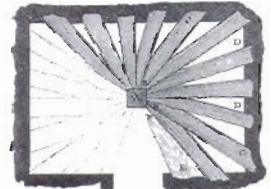
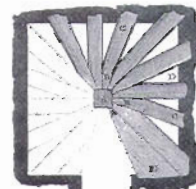
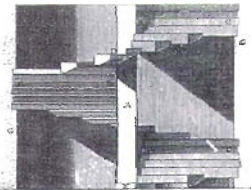
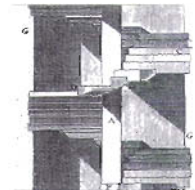
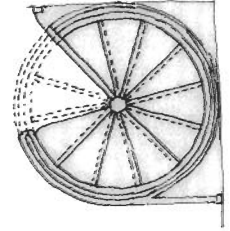
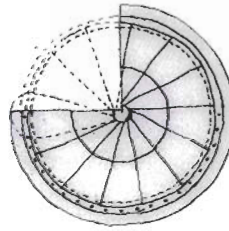
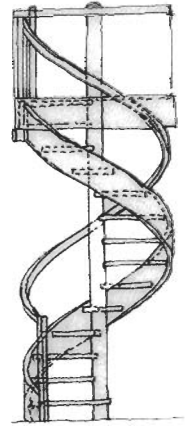
Estas escaleras ocupan una superficie muy reducida que puede llegar a un cuadrado de 1 m de lado. Se pueden colocar de forma totalmente libre respecto a la planta, pero debido a su incomodidad se reserva a locales de poco tráfico de personas: bibliotecas, despachos, dormitorios, pequeñas tiendas, etc.

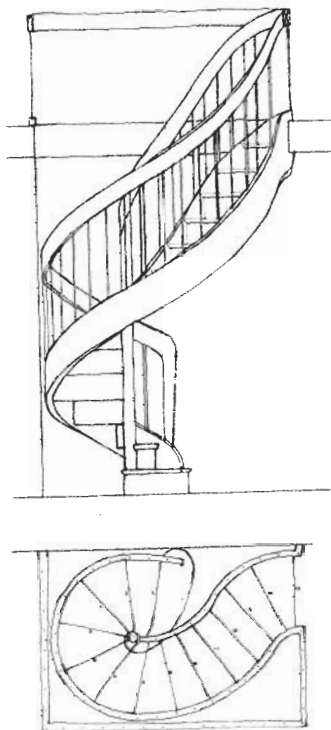
Su grado de comodidad depende de la línea de huella\*. Cuando la zanca es a la inglesa suele estar en torno a 45 cm, pero para que sea realmente confortable se requiere un mínimo de 70 cm.

Actualmente su construcción sólo es rentable gracias a las zancas de chapa laminada o de madera laminada.

Los peldaños pueden ir encajados en cajeados o ranuras (a la francesa) o







**Escalera de corbata**

exentos sin contrahuellas, en cuyo caso deben tener un grosor adecuado, en torno a 40-45 mm. Como en todos los peldaños se recomiendan maderas duras para las huellas (fresno, roble, etc.) con preferencia colocados según su corte radial.

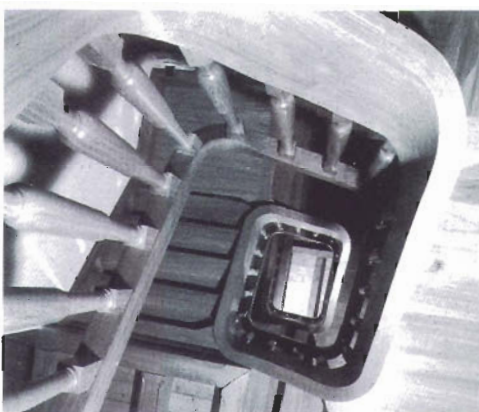
Un caso especial de escalera de caracol es la De Corbata, que es una de caracol que remata en una salida con curva contraria al movimiento anterior.

### **De cuatro centros**

Es una escalera aparentemente rectangular formada por tramos rectos y ángulos redondeados para permitir la continuidad de la zanca. El desarrollo de sus tramos exige peldaños compensados o descansillos de esquina, lo que da lugar a curvas irregulares.

### **De Arco**

Su trazado es una sección de arco de circunferencia o elipse.



**Escaleras de cuatro centros**









Escaleras en estribo. Clásica y contemporánea

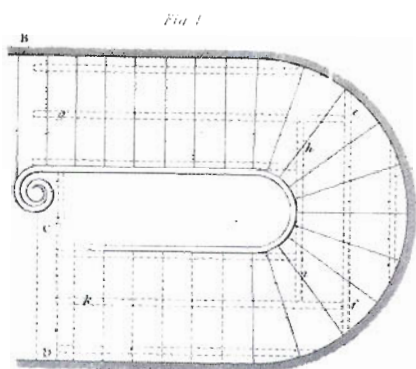
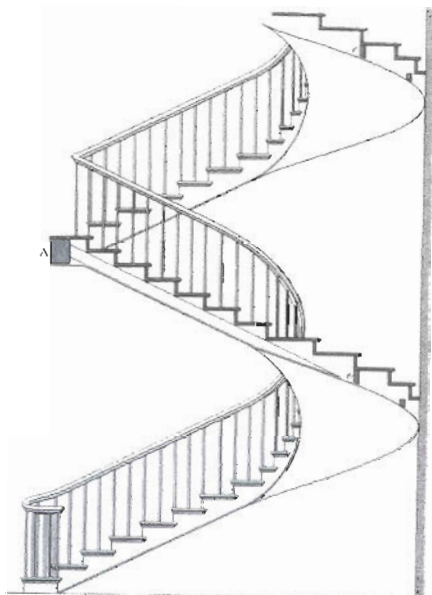


Fig. 2



Dos escaleras en estribo de configuración clásica

### De Estribo

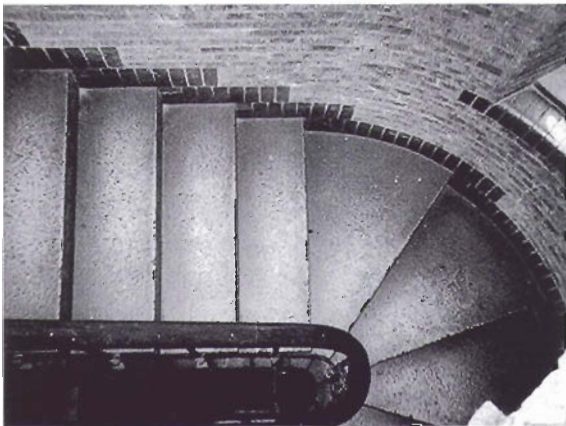
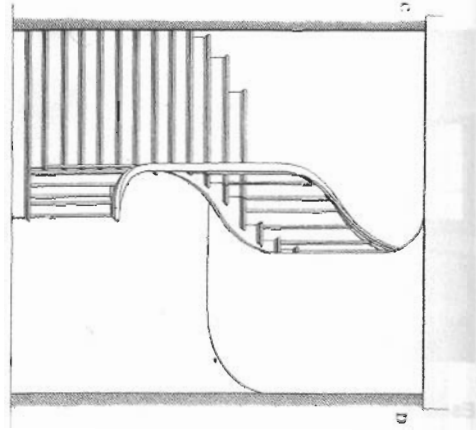
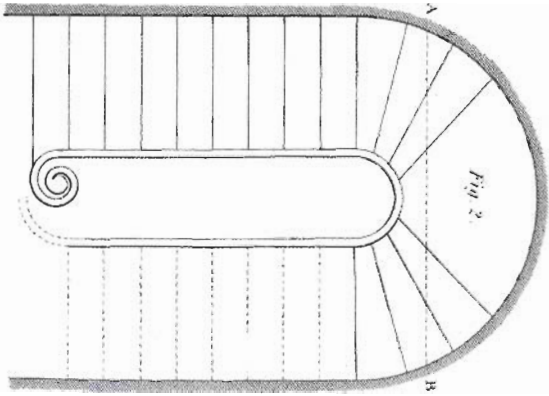
Su planta adopta la forma de un semicírculo u otra curva regular que se prolonga en dos pequeñas rectas y se cierra con otra recta formada por el descansillo.

### Oblongas y de cubillo

Se forman alrededor de un hueco muy estrecho y alargado que remata en semicírculos.

### Elípticas y ovaladas

Son escaleras con ojo elíptico u oval.





Escaleras oblongas (izquierda) y ovaladas (arriba)



### De Trazado recto

Es aquella cuya estructura portante proyectada horizontalmente son líneas rectas, independientemente de la distribución de los peldaños y la composición de la estructura. En alzado puede dar perfiles curvos en algunos tramos.

### De un sólo tramo o a la molinera

Ya se ha descrito en un epígrafe anterior

### De un solo tramo con peldaños alternos

Es similar a la molinera pero por la forma aguda de los peldaños alternos sólo admite apoyar un pie en cada peldaño lo que permite reducir el desarrollo del tramo. Son más cómodas de uso pero también más peligrosas. Página 530

### De dos tramos

Pueden ser De cuarto de vuelta, De



Escaleras de tramo recto en versión rústica, clásica y de obra







Escalera a la molinera con peldaños alternos

media vuelta (con cubillo y barandilla superpuesta).

### De cuarto de vuelta

Está compuesta de dos tramos, perpendiculares entre sí, con descansillo rectangular intermedio o peldaños radiales. El empleo de peldaños compensados produce a veces zancas de fuerte curvatura en alzado al eliminar el pilarete en ese punto. Empleando estructuras de doble zanca se pueden obtener escaleras autoportantes y exentas.



Escalera de dos tramos

### De media vuelta

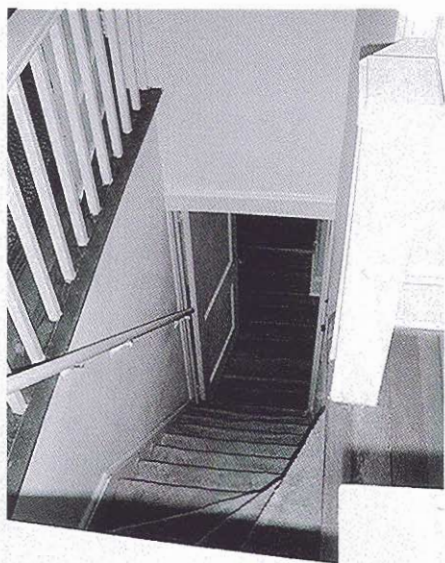
Está compuesta de dos tramos paralelos entre sí, de ida y vuelta, con descansillo transversal intermedio o peldaños radiales.

### De media vuelta con cubillo

Es una escalera antigua de media vuelta pero deja un hueco central oblongo, resolviendo la vuelta con un cubillo, pieza de unión que da continuidad a los dos tramos. Su planta es media corona y de disposición vertical donde se encajan zancas y barandillas. Cuando en la vuelta no hay descansillo sino peldaños radiales o compensados, el cubillo ofrece superficie suficiente para recibir los cuellos de éstos.

### De media vuelta con barandilla superpuesta

Es una escalera antigua que se caracteriza por la ausencia de hueco central, lo que proporciona una gran solidez pero interrumpe la continuidad del pasamanos.



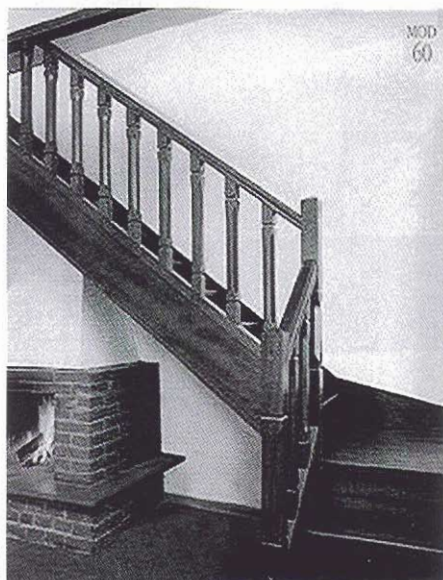
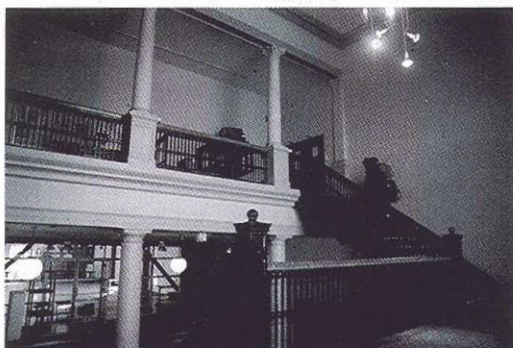
Escaleras en cuarto de vuelta

Es recomendable establecer un descansillo intermedio de retorno donde proporcionar la iluminación natural ya que ésta no puede venir cenitalmente. Si se elimina este descansillo para colocar peldaños radiales se produce una elevación brutal que afecta a la comodidad de su uso.

### De tres tramos

Puede ser De vuelta incompleta (ver más adelante) o en forma de T, con un único descansillo central y desembarco en dos sentidos opuestos (a la Imperial), o De ojo central triangular (sus esquinas se redondean para mejorar su desarrollo).

Escaleras de media vuelta

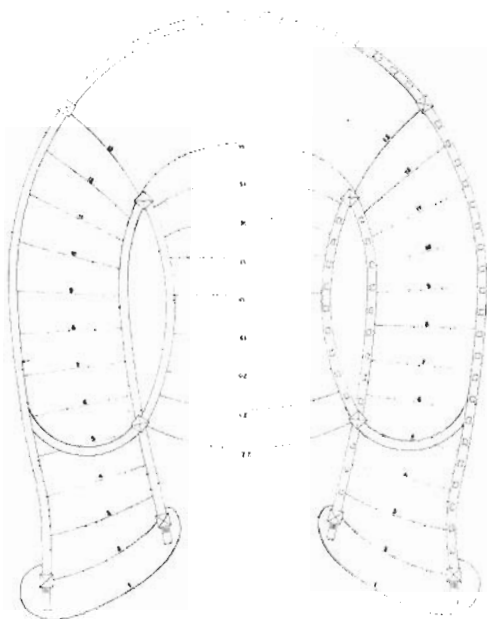


### A la Imperial

De tres tramos paralelos entre sí. Uno central en un sentido y los otros dos en media vuelta en sentido contrario.







Escalera a la imperial, curva



### De cuatro tramos y vuelta entera

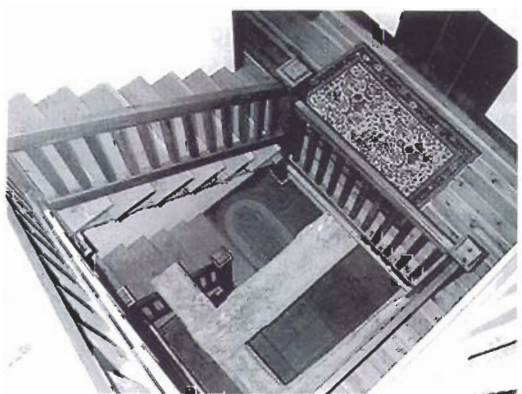
De cuatro tramos que forman un rectángulo alrededor de un ojo en el centro de la caja

### De cuatro tramos y vuelta incompleta

Variante de la de vuelta completa, de la que se diferencia por tener el ojo pegado al muro. Está formada por tres tramos rectos perpendiculares entre sí con descansillos intermedios de cuarto de vuelta.

### Trazados mixtos (rectos y curvos)

- De un tramo recto con cuarto de giro en el arranque (de mano derecha)
- De un tramo recto con un cuarto de giro en salida (de mano izquierda)
- De un tramo recto, con dos giros de un cuarto de vuelta (de mano izquierda)
- De un tramo con giro semicircular de mano derecha (De herradura)



Escaleras de tres tramos



# Trazado de las escaleras

La concepción y la construcción de la escalera, siendo dos etapas diferentes, se interrelacionan íntimamente y en la práctica son indisociables.

Es preciso señalar que, en los últimos años, la informática ha empezado a revolucionar los procesos clásicos de estudio, concepción y ejecución de las escaleras. Si excluimos este supuesto, y ateniéndonos al método clásico, cada taller tiene sus propios métodos desarrollados a partir de sus conocimientos y de la práctica adquirida. Así, es frecuente la unanimidad en el cálculo del paso y el número de los peldaños, pero no ocurre lo mismo con los elementos decorativos.

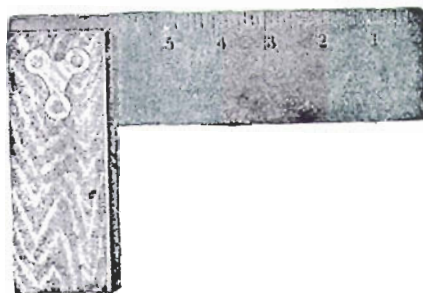
## Planteamiento general

Cualquiera que sea el método aplicado, es a partir de los datos del proyecto y del replanteo en obra, de donde deben partir las dimensiones de la escalera.

Se comienza por dibujar la planta de la escalera con los datos conocidos, trazando los contornos de la caja, los elementos de la estructura, así como la posición exacta del desembarco para determinar la línea de huella sobre la cual serán colocadas éstas.

A partir de este momento es posible calcular el número de peldaños y su altura. Para ello se divide la altura a salvar por la altura media de un escalón redondeando el número de peldaños que salga. Así por ejemplo para salvar 2,70 m con peldaños de 17 cm de altura se obtiene  $270/17 = 15,8$  escalones. Redondeando a 16 la altura de escalón será de  $270/6 = 16,8$  cm. Así con un módulo de paso de 63 cm se obtiene una huella de  $63 - (2 \times 16,8) = 29,4$  cm, redondeado a 29 cm.

Partiendo del borde del peldaño de salida



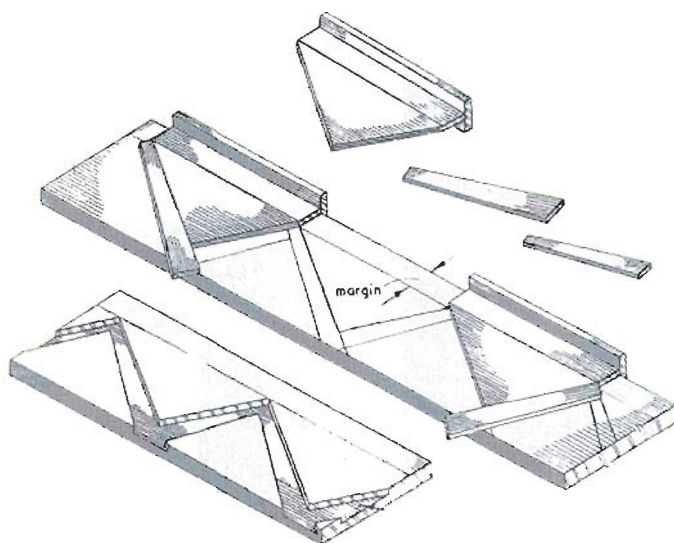
hacia el arranque, siguiendo la pendiente, se transporta con compás sobre la línea de pisada el ancho de la huella tantas veces como huellas enteras (el peldaño de salida se cuenta como una huella) obteniéndose la longitud del recorrido; en el ejemplo anterior, para 16 alturas de escalones  $15 \times 29 = 4,35$  m (las huellas siempre son una unidad menos que las contrahuellas).

En este estadio del cálculo se verifica que la cabezada y el recorrido (reglas de confort dadas por la experiencia y los códigos constructivos) son satisfactorios. Naturalmente existen otras posibles combinaciones de diseño: se puede suprimir un escalón, lo que nos llevaría a una altura mayor pero con huella menor y un recorrido también menor. Si se aumenta un escalón nos veremos en el caso contrario.

## El trazado

Una parte del trazado puede efectuarse desde el taller, mientras otras no se pueden realizarse más que en obra, ya sea con dibujo aparte o sobre los elementos definitivos.

Cualquiera que sea el momento en el que se efectúe, el trazado es una etapa capital que requiere toda la atención del carpinte-



ro y en la que el estudio y la ejecución se confunden a veces ya que se trata de trasladar el plano a las piezas. Cada tipo de pieza revela principios distintos y conviene examinarlos separadamente: zancas y cremalleras, peldaños y elementos de barandilla que son como los complementos.

Los útiles de medida son la regla, el metro y el compás y los útiles de trazado, las escuadras y cartabones, las plantillas, la punta de trazar y el gramil.

La regla es un pértiga de 1" de grueso con una altura superior a la altura de forjados, donde se pueden marcar todas las alturas de peldaños, huecos existentes, rasantes, etc.

El gramil es un instrumento que sirve para trazar paralelas al borde de una pieza escuadrada.

### Operaciones en el trazado

Se pueden distinguir varias operaciones en el trazado pero la primera es 'blanquear' o limpiar la madera, cepillándola antes, para que las marcas de corte no se borren.

Además así los posibles defectos de la madera aparecen más netamente.

Existen tres métodos fundamentales para marcar las piezas quedando la elección

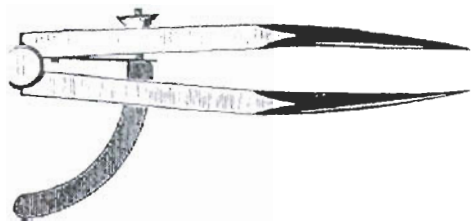
definitiva, condicionada por la manera de desarrollarse la obra.

En primer lugar está el dibujar la planta a escala real abatiéndola sobre una pieza de madera aserrada capaz de contener esa forma.

El trazado con ayuda de plantillas es una segunda solución que se muestra muy eficaz cuando existe un jefe de equipo que se encarga del trabajo, y es especialmente útil cuando se trata de varias escaleras idénticas. Mejora el calibrado y trazado de los elementos.

El tercer procedimiento es determinar la forma de los elementos fuera del plano, apoyándose sólo en geometría y aritmética. Materializado por una escuadra, lleva marcada la dirección de los cortes en sus bordes, con el emplazamiento de las huellas y las contrahuellas y, por consiguiente, el contorno de cada elemento a despiezar.

Estos métodos admiten un cierto número de variantes. Así, para determinar el emplazamiento de huellas y contrahuellas, un constructor puede utilizar plantillas con forma de triángulo rectángulo, mientras otro preferirá bandas de contrachapado de un ancho igual a la altura de los peldaños, o se servirá de



reglas para determinar los abatimientos; hay que resaltar, sin embargo, que el empleo de reglas requiere una superficie de trabajo grande que los talleres urbanos no siempre tienen.

### Trazado de pilaretes y cubillos

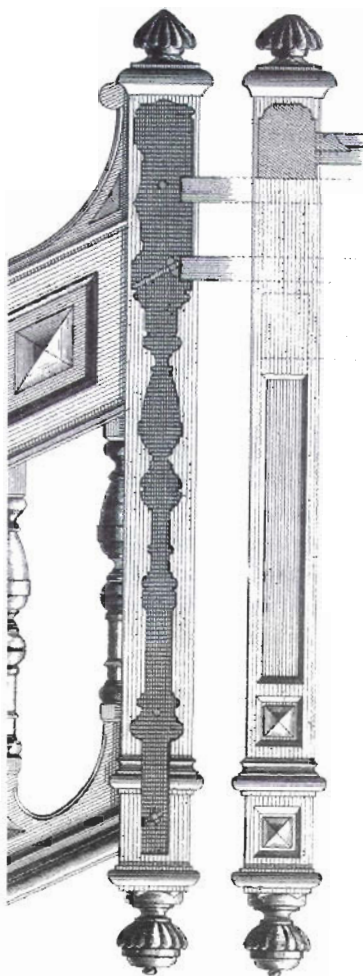
Se comienza normalmente por el marcado y despiece de los elementos de mayor escuadría, cuyas dimensiones pueden influir en otras partes de la estructura, tal es el caso de los pilaretes y cubillos.

Generalmente se determina su sección por la planta y el alzado. La primera contiene los datos relativos al espesor de las piezas y la segunda permite conocer el emplazamiento de estas últimas con relación a los niveles de referencia.

El trazado de los pilaretes no presenta problemas especiales. Su longitud debe mayorarse en 5-6 cm según su longitud y pueden definirse adecuadamente a escala 1/10. Sólo se estudian a escala real los empalmes.

Se procede generalmente de abajo arriba señalando sobre sus caras el emplazamiento de zancas y pasamanos en la línea vertical de los bordes. A veces los ensambles, y especialmente las espigas, son previamente ejecutadas sobre las zancas y pasamanos y se transportan directamente sobre los pilaretes, otros prefieren hacer esto con todos los elementos de la rampa y trazar entonces el conjunto de ensambles, bien poniendo la madera sobre el plano o con regla y metro, valiéndose del plano a 1/10.

En los pilaretes de esquina, hay que estudiar cada cara en el sentido del



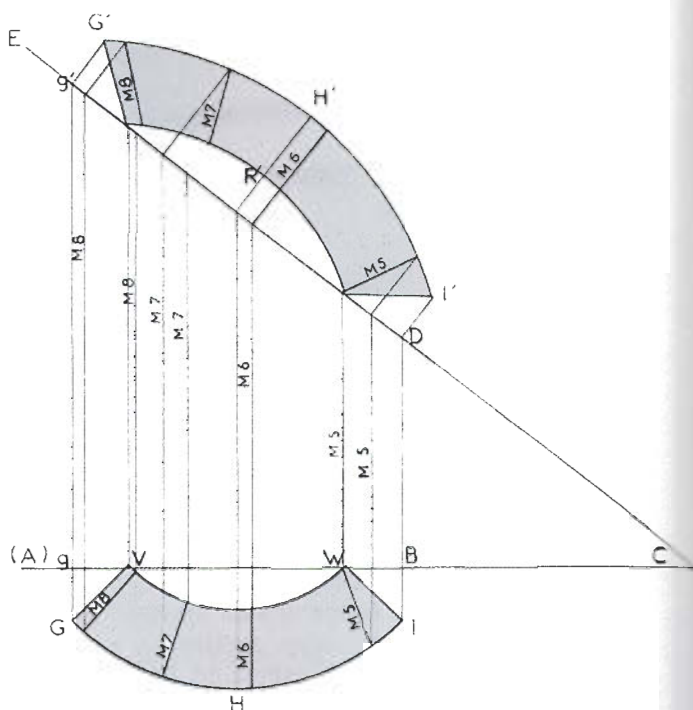
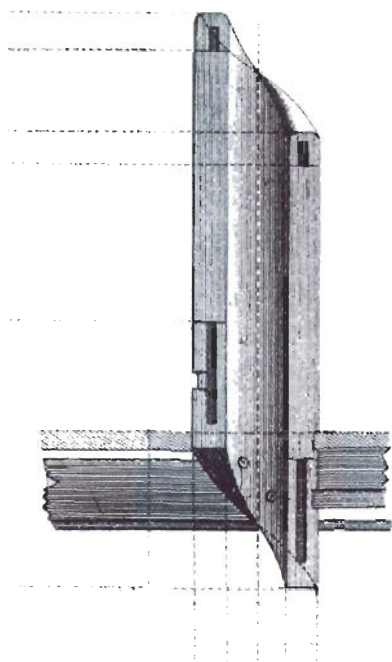
peldañeado, teniendo en cuenta la posición de los peldaños y los descolgamientos entre partes consecutivas de la rampa.

El trazado de pilaretes se completa con las entalladuras de huellas y contrahuellas.

Los cubillos son asimilables a los pilaretes a efectos de trazado, aunque se distinguen por el trazado particular de sus extremos, los cuales deben empalmar tan suavemente como sea posible con zancas y pasamanos.

La posición de cajas y espigas y la de los pernos roscados se reduce a un simple problema de posicionamiento.





Las entalladuras de huellas y contrahuellas se trazan levantando líneas verticales sobre las caras de los cubillos. La inclinación del corte superior e inferior se obtiene con precisión con la ayuda de un desarrollo,

que ciertos constructores hacen figurar sobre los cubillos en el momento del trazado, pero no los consideran definitivos hasta después del montaje.

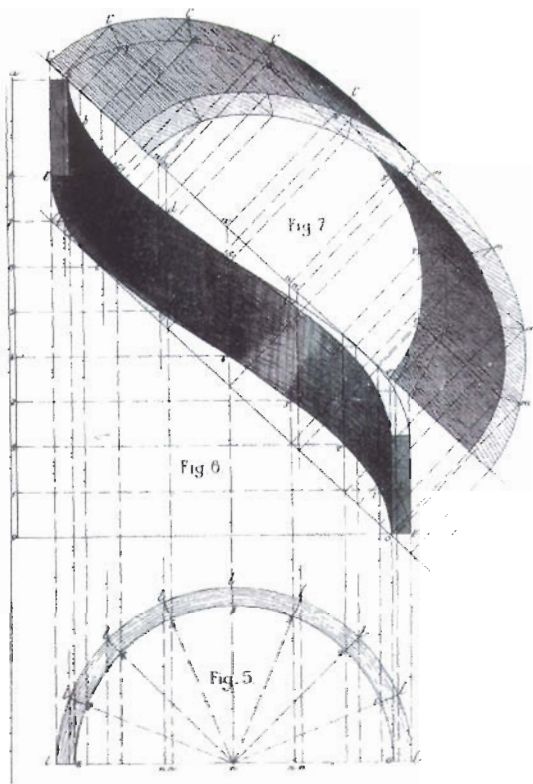
## Trazado de zancas y cremalleras

El trazado de zancas rectas nunca supuso una complicación especial, todo lo contrario que en el caso de las curvas.

La realización habitual de curvas en pendiente y su mecanizado no pudo ser encarado históricamente sin su trazado previo. Esto fue posible entre los siglos XVII y XVIII gracias al calibre o *cercha* alargada; cuya combinación ha dado lugar al término 'plantilla flexible' que todavía se utiliza hoy en día. Algunos sistemas, como el trazado de piezas cimbradas (o curvadas) en planta y alzado era conocido en el siglo XVII pero es sólo a partir de esta época cuando se incorporaron a las curvas de las escaleras.

La 'plantilla flexible' es la proyección vertical de una curva sobre un plano oblicuo y se obtiene con la ayuda de la vista en planta y alzado de dicha curva. Si se efectúa directamente sobre la pieza de madera no hace falta representarla sobre planos tal como vemos en los tratados. Aunque la traza haya desaparecido durante la ejecución es posible afirmar su existencia ya que el replanteo de la curva no podía atacarse de manera empírica. Las escaleras construidas entre finales del siglo XVII y mediados del XVIII revelan grandes diferencias de ejecución que sólo se explican por el mejor conocimiento de su trazado.

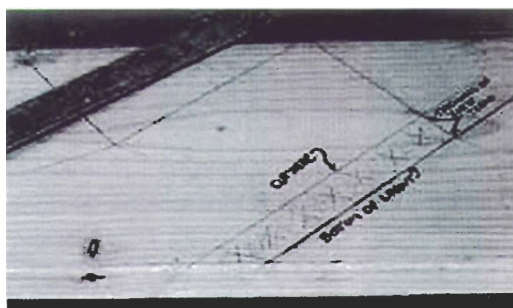
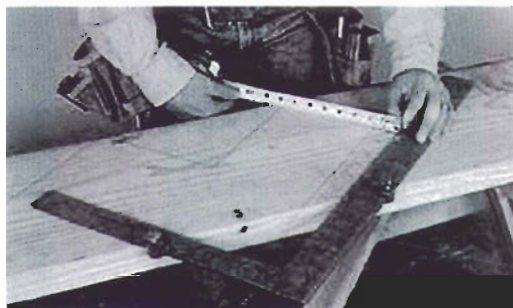
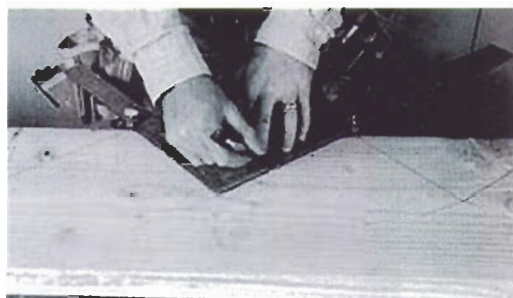
Los modos de trazado de zancas y



cremalleras son diversos y han estado sujetos a evolución, siendo los más habituales los abatimientos a escala real, en combinación con distintos métodos.

### Obtención de la plantilla alargada

Después de dibujar en planta a escala 1:1 la zanca, se traza la recta A pasando por VW. Desde I se levanta una perpendicular a A. Se prolonga IB la altura de una huella y se obtiene el punto D. A partir de B se prolonga la recta A una longitud de huella y se obtiene el punto C. Por C y D se traza la recta CE para obtener la pendiente de la zanca. A continuación se coloca X en medio de VW. Se proyecta sobre CE los puntos g, V, X, W en g', V', X' y W'. Se llevan perpendicularmente a la recta CE los largos g', G', x', R', X', H' y D' para obtener la plantilla flexible. Al unir W'I' y V'G' se obtiene el enrase de la zanca curva en verdadera magnitud.



### Trazado de zancas rectas con transportador

Los bordes sirven de apoyo y guía al transportador, y para huellas de ancho constante, aunque no sirve en huellas compensadas y curvadas, ya que el perfil del peldaño no está a la misma distancia del borde superior de la zanca. El trazado con huellas de ancho constante es el más simple porque se basa en el cálculo matemático. Basta, en efecto, con determinar el desarrollo de cada zanca, el número de peldaños, la proyección de estas huellas sobre ellas y, finalmente, el perfil que forman las líneas verticales y horizontales. Después se delimitan los cortes en los extremos: entre pilaretes o vigas.



La zanca se divide en tantas partes como las huellas contenidas, y después, partiendo de estas divisiones y con la ayuda de la escuadra se trazan sucesivamente las líneas verticales y horizontales. Hay que tener cuidado de eliminar, en escaleras a la inglesa, el grueso correspondiente a la huella. Se puede marcar colocando el calibre en el otro borde de la zanca y desde allí marcar perpendicularmente el grueso de la huella.

Actualmente existen escuadras metálicas que llevan atornillados dos piezas de aluminio con el fin de que se encastre y corra sobre la zanca con más facilidad. El mismo efecto se logra con la plantilla de madera colocando un taco de madera aserrada. Ver página 534.

Los recortes del silueteado de estas piezas, pueden servir coyunturalmente como plantillas para determinar el perfil de huellas y contrahuellas en otras zancas.

El trazado con transportador (calibre) de huellas de ancho variable descansa sobre el mismo principio, ya que los ángulos rectos replanteados por la escuadra permanecen invariables en todos los elementos, mientras que las líneas verticales que señalan el emplazamiento de las huellas en alzado no están a igual distancia unas de otras. Para posicionar estas líneas conviene determinar sobre la rampa la ocupación de las huellas, asegu-

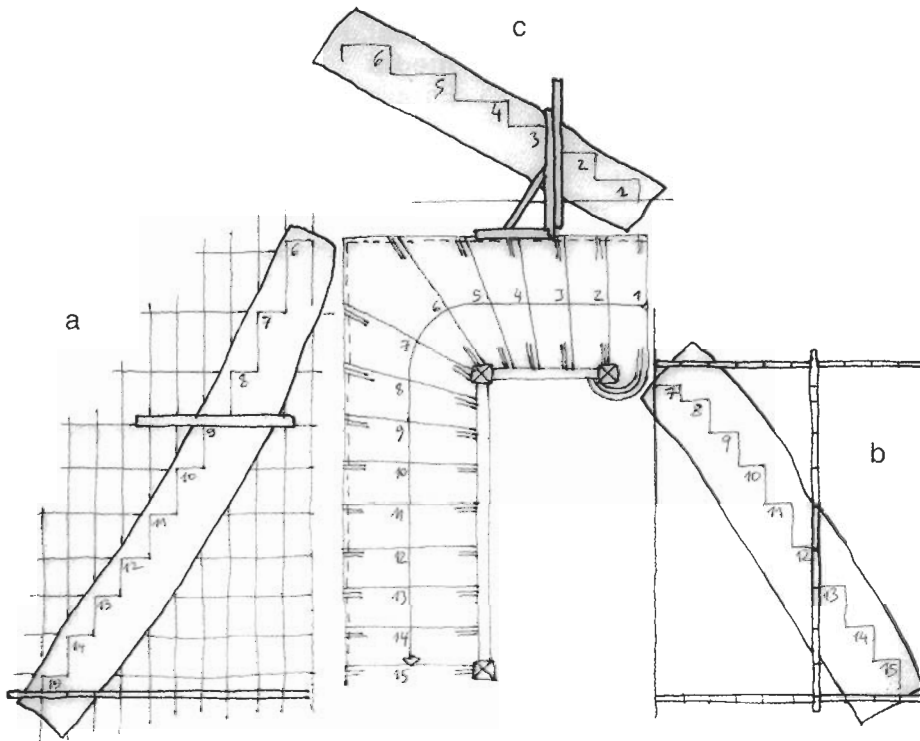
rando en cualquier caso que la suma de sus anchos corresponde a la dimensión total de la rampa.

### **Trazado mediante abatimiento a escala real**

Es uno de los métodos más simples y por lo tanto, adecuado para principiantes, porque permite representar los elementos de la estructura y ponerlos en relación con la planta. Exige, sin embargo, mucho trabajo de planos y una gran superficie de trabajo.

Los tablones donde se trazará la zanca se escogen por su forma y se colocan sobre sus abatimientos correspondientes, permitiendo visualizar los elementos 'contenibles' en la pieza, considerando la eliminación de defectos, la albura, etc. El trazado propiamente dicho consiste en trasladar primeramente sobre cada uno de los tablones el emplazamiento de las huellas y contrahuellas, así como su espesor, lo que se traducirá en entalladuras (caso de una zanca a la francesa) o en cortes (caso de una cremallera). Se trazan a continuación los perfiles de la cremallera o los entalles de la zanca. Finalmente, partiendo de la posición de las huellas y contrahuellas, se define el contorno. El canto superior se determina trasladando sobre cada perfil del peldañado, una dimensión constante con la ayuda de un compás para evitar





Los tres sistemas de trazado de zancas: a) sobre un abatimiento con ayuda de una malla, b) con reglas y pértigas y c) con escuadra. Fuente Les Compagnons de Devoir

toda impresión de estrangulamiento o ensanchamiento de esta zanca.

En el caso de una cremallera, el canto inferior se determina también con compás, pero tomado desde el fondo de los dientes.

### Trazado con la ayuda de reglas

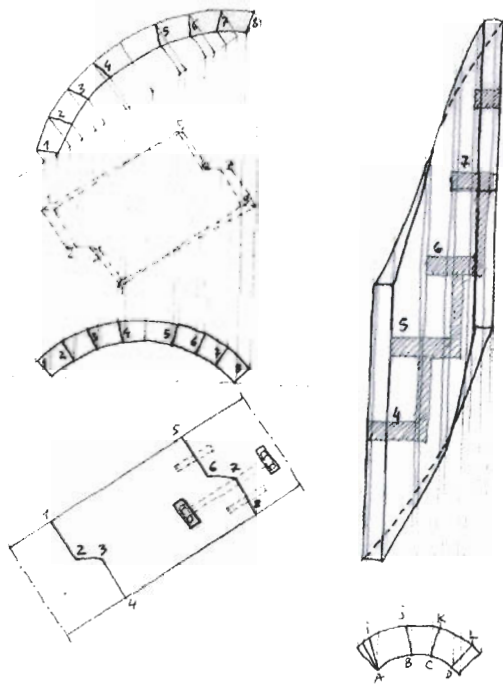
Consiste en colocar para cada plano de la escalera, cuatro reglas, de las cuales, dos reciben marcas numeradas de las alturas de los peldaños, y las otras dos, de los anchos de los peldaños en cola y cuello. Si la vista en planta es a escala real o a 1/10, el trazado con la ayuda de reglas es muy simple: basta disponer estas medidas perpendicularmente unas a otras hasta formar una trama, en el interior de la cual se coloca el elemento a trazar. Con la ayuda de una regla, se llevan a continuación las líneas correspondientes a huellas y contrahuellas, cuyos puntos de intersección, completados por dos compases,

permiten igualmente definir el contorno del elemento que los contendrá.

Si el estudio se ha realizado a escala real, el recuadrado se forma sucesivamente sobre cada uno de los lados de la planta, donde se encontrarán los abatimientos del método precedente.

### Trazado con escuadras

Este sistema exige pocos medios, pero el constructor debe imaginarse bien zancas y cremalleras en el espacio y por lo tanto debe tener cierta capacidad de abstracción, con los riesgos que esto supone. Partiendo de la vista en planta realizada a escala real o a 1/10, se confecciona con la mayor precisión posible, en contrachapado (por su mayor estabilidad), dos escuadras en forma de triángulo o de rectángulo. Si se opta por piezas triangulares se lleva sobre una de ellas las colas de los peldaños y una altura del peldaño, y



sobre la otra, esta misma altura del peldaño y los cuellos. Si se prefieren piezas rectangulares se les da un ancho igual a una altura de peldaño y se llevan sobre una, los anchos de las huellas impares (tomadas en cola o cuello) y sobre la otra, las pares.

Antes de comenzar el trazado del primer elemento sobre el tablón, se escoge una dirección de referencia (alineamiento vertical u horizontal), que quede materializada con una regla clavada. Tomando a continuación como apoyo esta regla, se desplazan las dos piezas escuadradas alternando peldaños y alturas de peldaños y comprobando aquel en el que coinciden la forma del elemento con la del tablón. Para obtener la mejor ocupación posible hace falta a veces muchos ensayos y corregir sucesivamente la dirección de referencia. El trazado propiamente dicho no se realiza más que tras estos ensayos empíricos que se demuestran tan rápidos como eficaces cuando se tiene un cierto hábito.

### Trazado con una recta inclinada media

Es aplicable después de un estudio previo a 1/10 o a escala real, y puede considerarse una síntesis de los sistemas precedentes porque retoma ciertos principios: combina los trazados con el transportador con la ayuda de piezas escuadradas y presenta, como ellos, flexibilidad de utilización ya que la operación se puede desarrollar sin la vista en planta.

Para seguir este método de trazado conviene completar la planta de la escalera con una división regular con vistas a determinar el valor medio de la pendiente a la altura de colas y cuellos de los peldaños y por consiguiente a la altura de cada parte de la rampa. Según que la planta sea a escala real o a 1/10, este valor se obtiene por cálculo o por sistema gráfico y es asociado a cada altura de peldaño. Estos datos permiten construir un triángulo rectángulo que servirá para el trazado de las líneas verticales y horizontales de cada elemento (zanca o cremallera), y sobre la cual se lleva la diferencia entre el ancho real y el ancho medio de cada peldaño -valor que se necesita durante el trazado.

Se comienza el trazado de una zanca o de una cremallera materializando la recta inclinada media sobre el tablón por medio de una regla o un cordel. Se divide a continuación esta recta en el número de cuellos y colas medias contenibles en el elemento. Los puntos obtenidos dan lugar a otros tantas marcas por las que pasan los peldaños; basta por tanto con trazar con la escuadra las líneas horizontales y después las verticales, teniendo en cuenta la diferencia constatada entre el ancho real y el ancho medio de cada huella.

# Trazado de los peldaños

El trazado de los peldaños es el conjunto de operaciones matemáticas y dibujos que permiten determinar su número y dimensiones, dependiendo de que el módulo de paso escogido sea cómodo (cuando el recorrido sea suficiente) o simplemente tolerable (en caso contrario). En el trazado intervienen tres datos fundamentales: la altura a salvar, el recorrido disponible y la cabezada, que depende de los dos primeros.

Conviene recordar que cualquier escalera debe tener un módulo preferencial\* invariable sobre su línea de huella y que esta línea se desarrolla, como consecuencia, siguiendo una recta. Sin embargo en la práctica se admiten pequeñas variaciones del paso, de un tramo a otro, aunque es una solución a la que no se debe recurrir más que en casos extremos porque toda discontinuidad la resiente el usuario y da origen a caídas. Es preferible variar ligeramente el ancho del peldaño, en particular cuando existen descansillos y se puede jugar con ellos.

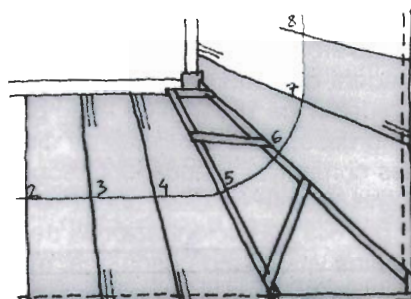
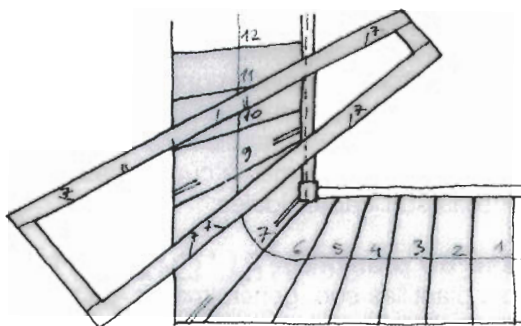
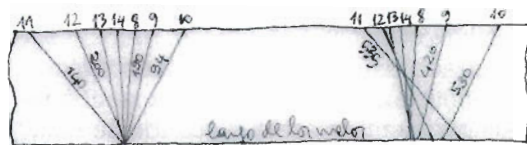
## Trazado de huellas y contrahuellas

El trazado puede variar considerablemente según la escala del plano, la concepción de la obra y los medios empleados para darle forma.

Los peldaños rectos no exigen, en principio, ningún trazado especial, puesto que su despiece puede realizarse sin dificultad bajo la guía de las máquinas de corte clásico; su calibrado con plantilla puede igualmente excluir todo trazado.

Por contra el resto de huellas debe trazarse después de cepilladas las piezas por las dos caras y moldurado su canto visto.

Si se dispone de un estudio a escala 1/10 las huellas pueden trazarse sirviéndose de la hoja de despiece, a condición de que sea suficientemente detallada para



Los tres tipos principales de plantillas para peldaños. Fuente: Les Compagnons du Devoir

permitir la reconstitución exacta de su forma. Se trasladan estos datos sobre las piezas de madera con instrumentos clásicos de medida (metro, escuadra, gramil, transportador y regla) tomando uno o dos de los cantos como referencia. También se pueden utilizar plantillas sobre las que figuren las dimensiones y los ángulos de los elementos considerados. Cuando el plano está a escala real, las huellas pueden colocarse sobre el plano para ser trazados. Esta operación puede realizarse huella a huella o por series impares y pares. Es buena práctica marcar además en el extremo de las



huellas el trazo suplementario correspondiente a su encastramiento, en las zancas a la francesa, o al espesor de las cremalleras en las inglesas; estas indicaciones son muy importantes en el momento de la instalación.

El trazado de contrahuellas es, en principio, inútil cuando los elementos se cortan definitivamente en obra o cuando se trata de una escalera recta en cuyo caso son idénticas, y el corte no requiere ningún trazado. Por comodidad muchos constructores trazan al menos uno de los extremos de las contrahuellas en el taller, donde disponen de medios más seguros y rápidos, especialmente cuando las huellas son trapezoidales.

### Uso de plantillas

Las plantillas son, generalmente, de tres tipos: de tablero, de marco y calibres.

#### Plantillas de tablero

El tablero normalmente es una banda de madera delgada o de contrachapado de alrededor de 180 mm de largo por 25 mm de grueso, para escaleras de dimensiones corrientes. Colocándolo sobre el plano delante de cada huella se traza sobre ella las prolongaciones de los cuellos y la cola de cada una, numerando las líneas y mencionando igualmente su valor numérico medido sobre el plano. Durante el despiece basta colocar este tablero sobre el tablón y después trazar sucesivamente el borde, el cuello, la cola y el canto trasero de la huella, sobredimensionando como precaución frente a errores, 4 ó 5 cm el largo y 2 cm el ancho; si la huella se compone de varios trozos hay que tener en cuenta el sobredimensionado del machihembrado. El tablero tiene la ventaja de prepararse muy rápidamente y exigir poco material. Presenta, sin embargo, el inconveniente de ser una fuente de errores de apreciación del contorno en piezas fuertemente trapezoidales ya que su parte trasera se encuentra fuera del tablero.

#### Plantilla de marco

Basado en el mismo principio, el marco es más preciso por su forma, que corresponde con la de las huellas, como por su tamaño, que le permite contenerlas a todas. Se coloca sobre el plano haciendo coincidir su borde con cada perfil de huella. A continuación se traza el contorno de la huella con ayuda de una regla y cada trazo es cuidadosamente numerado en la plantilla. La plantilla se coloca sobre el tablón y se reconstruye el trazado de la huella uniendo los puntos señalados con una regla.

Este sistema tiene el interés de excluir el listado de medidas y limita, por consiguiente, los errores; sin embargo obliga al carpintero a buscar cada marca entre otras muchas con los riesgos de confusión que esto conlleva.

#### Calibres o plantillas individualizadas

Construidos con las dimensiones exactas de cada huella, sea bajo la forma de tiras de contrachapado sujetos en las esquinas con presillas, o encoladas, o como piezas completas susceptibles de ser empleadas para la protección de las huellas durante la obra, los calibres son considerados muy eficaces por los carpinteros. En efecto, esas plantillas facilitan grandemente el despiece porque se pueden colocar directamente sobre los tablones sirviendo para el mecanizado de las huellas. Su inconveniente reside en la cantidad de material parcialmente perdido aunque el ahorro de tiempo de despiezado y labrado, la economía de madera y la supresión de todo riesgo de error compensa ampliamente el gasto.

Cualquiera que sea el tipo de plantilla utilizada conviene finalmente numerar las huellas sobre la propia pieza y en el perfil de la zanca. Si las piezas se obtienen de varios trozos, cada uno debe marcarse con un signo identificativo de su posición relativa.

### Trazado de los elementos complementarios

Los pasamanos, los balaústres, las barandillas y todos los paneles de protección mientras son rectos en alzado no presentan ningún problema de trazado porque pueden asimilarse a montantes o traveseros. Si son de otra forma, lo mejor es usar plantillas.

Cuando los pasamanos presentan en alzado una curvatura idéntica a las zancas, éstas últimas pueden utilizarse como referencia a condición de que las piezas empleadas sean suficientemente largas para permitir su yuxtaposición (no

olvidemos que suelen ser especies finas de dimensión escasa).

Sin embargo la forma de los pasamanos difiere a menudo de la de las zancas y hay que determinarlas utilizando, por ejemplo, el sistema de traslado punto a punto, consistente en combinar el alzado a 1/10 de cada elemento y una recta de referencia sobre la pieza a despiezar. Desde el momento en que se obtiene cada una de estas líneas, basta con definir el ancho de cada elemento, para trazar el contorno con la ayuda de una plantilla. Más todavía que para las zancas, el empleo de plantillas, se revela aquí muy eficaz.

## Trazado de barrotes y balaústres

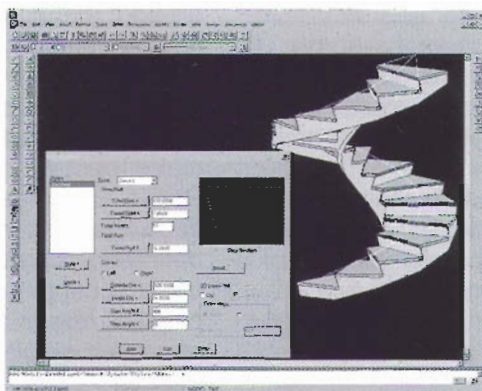
Los barrotes y balaustres necesitan un trazado. Si la rampa es recta tanto en planta como en alzado, el trazado puede reducirse al de un modelo destinado a ser copiado por la máquina: por contra, cuando la rampa presenta una curva en alzado y los balaustres difieren en altura y dirección de sus ensambles, se impone un trazado de cada pieza, dado que la forma no se consigue de una manera unitaria.

En el primer caso la longitud de los elementos verticales o inclinados se replantea sobre el alzado de la estructura donde indica el cálculo, variando los ángulos de enrasado superior e inferior de los extremos de las piezas que se trazan con transportador. En cuanto al trazado de las mortajas o los encastramientos sobre las zancas y pasamanos, consiste en un simple repar-

to de intervalos.

En el segundo caso, la longitud de los balaústres y la dirección de sus ensambles exige un montaje en blanco (ya cepilladas) de cada parte de la rampa. Cuando la balaustrada presenta un moldurado de longitud constante -ya sean torneados o moldurados a tupí- se reparte y traza su línea de enrase teniendo en cuenta su eje vertical. Con el fin de evitar errores en el mecanizado de los ensambles y búsquedas durante el montaje de la rampa, cada balaústre se identifica con una marca (una letra o un número). Cuando las barandillas son de lamas o de tableros es indispensable colocarlos sobre la estructura por sus formas especiales de unión entre zancas y las barandillas.

# Trazado de escaleras por ordenador



El trazado de las escaleras de madera a medida se han revolucionado gracias a programas informáticos específicos de diseño y despiece.

Son programas que incluyen soluciones a la carta, soluciones abiertas y soluciones mixtas.

Capítulo aparte son las escaleras de caracol: tanto las de caja circular como poligonal regular o irregular.

Los datos de entrada son el tamaño del hueco, la altura entre forjados, el tipo de arriostamiento, etc.

Los programas trabajan con dibujos a escala variable, con zoom para visualizar detalles y sacan las mediciones de todas las piezas. La escalera resultante se puede visualizar en planta, alzados y perspectiva caballera.

El trazado y despiece que se ofrece de los elementos se particularizado:

- huellas poligonales de las formas más diversas incluyendo las combinaciones de ajuste en las piezas de madera disponibles en distintas combinaciones y con piezas laminadas.

- zancas a la inglesa y a la francesa con el dibujo de todo el perfil del peldañado, adaptado a formas de la madera disponible, desde cuyo perfil se marcan las coordenadas del dibujo.

- pasamanos donde se ofrece el corte optimizado en la pieza disponible. Pasa-

manos y zancas pueden despiezarse desde el mismo elemento de madera.

- pilarotes y pilaretes salen dibujados con los rebajes de ensambles y en dibujos perfectamente acotados.

También se ofrece el diseño de piezas especiales, como cubillos, pilarotes de arranque o peldaños de arranque.

Otro apartado de gran interés es el dibujo y despiece de las uniones: entre elementos de la zanca y del pasamanos. En especial la junta entre zanca y forjado presenta distintas opciones de encuentro y corte.

El programa puede ofrecer la ubicación de las uniones metálicas: taladros para alojar las espigas y pernos en balaustres, entre barandillas y pilaretes y en cremalleras.

Poseen habitualmente biblioteca de soluciones diversas para barandillas (balaustres, barotes, fajas o bandas y superficies de cristal o plástico).

El programa puede dar salida a la información imprimiendo el dibujo acotado de la escalera y una ficha de características de los elementos: dimensiones y clase de madera. Todo ello sirve como hoja de órdenes de fabricación. Los elementos lineales se definen como barras que van numeradas y con todos los datos de acotación.



# Realización de planos

## Principales sistemas

Independientemente de la escala utilizada, el plano es la última etapa de estudio y sirve de puente entre el proyectista y el taller para el que es elemento de trabajo fundamental. Se utilizan dos escalas principales: la 1/10 y la escala real. El plano consiste en una representación de todos los elementos constitutivos en su posición definitiva y permite determinar su forma. Se comienza por trazar la caja en planta tal como resulta del levantamiento (donde ya se han tenido en cuenta las diferencias de escuadría y aplomado): la posición del tramo de desembarco, el ancho de paso\*, la posición y sección de los pilaretes de arranque, de esquina y de llegada, además de las zancas. La sección de estas últimas se define en función del espesor de las mesetas. Después se traza la línea de pisada, gracias a la cual se efectúa el cálculo y distribución de las huellas, lo que conducirá al trazado de los vuelos de los peldaños y la cara de las contrahuellas.

Es en este momento cuando intervienen las modificaciones puntuales necesarias a la buena concepción de la obra: penetración adecuada de los vuelos o de las contrahuellas en los pilaretes, posición del posible peldaño de esquina, etc. La planta se completa cuando se hacen figurar las cremalleras o zancas paredañas y la profundidad de los rebajes o entalladuras de las zancas, lo que limita el ancho de los peldaños.

La planta es suficiente para determinar la forma y las dimensiones exactas de las huellas y contrahuellas (la altura de éstas es fija), pero resta por conocer las dimensiones definitivas de las piezas inclinadas (zancas y cremalleras) y la de los pilaretes, especialmente con peldaños

compensados. Para ello se abaten las piezas de la rampa y las cremalleras. Los detalles necesarios para la construcción deben figurar en esos abatimientos (o aparte cuando se trabaja a escala pequeña y se dibujan los detalles a escala real). En lo que concierne a las rampas de planta curvilínea no basta con abatimientos sino que se necesitan proyecciones o desarrollos. En este momento del plano estos trazos se realizan sistemáticamente a escala real aunque sean planos parciales; por razones de dificultad se suelen utilizar distintos tableros de plantillas independientes que luego se juntan.

## Planos a escala 1/10

Por un lado es un documento de trabajo y discusión con el cliente, por otro, tiene carácter definitivo como documento de ejecución. Se realiza en papel de croquis o calco (en especial cuando incluye los abatimientos), o sobre un tablero contrachapado (que es más estable y se deteriora menos).

Su parte principal está constituida por la planta, los abatimientos destinados a la comprensión global de la forma, y la elevación de las piezas en alzado. En general los alzados son suficientes para el despiece y se trazan desde la planta. Por ello se hacen figurar en la vista en planta todos los elementos ya comentados, incluso con sus dimensiones. Se han escogido una serie de convenciones para estas medidas. Así, el ancho teórico de la cola de una huella se replantea desde la trasera de la contrahuella (ancho de la parte horizontal de los dientes de la cremallera correspondiente). Para conocer el ancho real de esta cola de huella basta con añadir la profundidad del ranurado y el vuelo de la huella, sabiendo que esta última dimen-

sión varía según el ángulo del perfil con la pared. Para poder trazar no sólo las colas de las huellas, sino también las cremalleras, se consideran las dimensiones medidas sobre las caras de estas últimas, en el lado del recorrido y esto teniendo en cuenta su espesor. El interés de llevar estas dimensiones sobre el plano a escala 1/10 más que medirlas en cada operación, es doble: de una parte son replanteadas una sola vez muy cuidadosamente (se estima que la lectura de la regla es precisa en medio milímetro); de otra parte se puede comparar su suma con la longitud total fácilmente obtenible. El mismo procedimiento es aplicable a los cuellos de las huellas; se disponen tomando como referencia un punto único tal que su enrasado (la verificación de la distancia entre dos enrasos es, en cualquier caso, esencial cuando se traza la zanca). El ancho de las colas de las huellas (replanteadas sobre la cara de la cremallera por el lado del recorrido) y el de los cuellos (replanteadas sobre la cara de la zanca, siempre del lado del recorrido) se completan con la medida de la longitud de cada perfil del peldaño siguiendo un acuerdo: para que sea homogénea con los otros datos se escoge replantear esta longitud desde la cara de la zanca, desde el lado del recorrido, hasta la cara de la cremallera correspondiente. Los suplementos debidos al espesor de la cremallera y a la profundidad de la entalladura o rebaje en la zanca son objeto de sobredimensionado. El plano tiene como objeto servir para el despiece y el trazado de las huellas, de las zancas y las cremalleras. Los ángulos de corte de los cuellos y colas de las huellas son replanteados en falsa escuadra, y los elementos de la estructura -zancas y cremalleras- son despiezados después de abatidos, con un ligero sobredimensionado.

### **Planos a escala real**

Es más o menos completo, según que se acompañe de un estudio a escala 1/10.

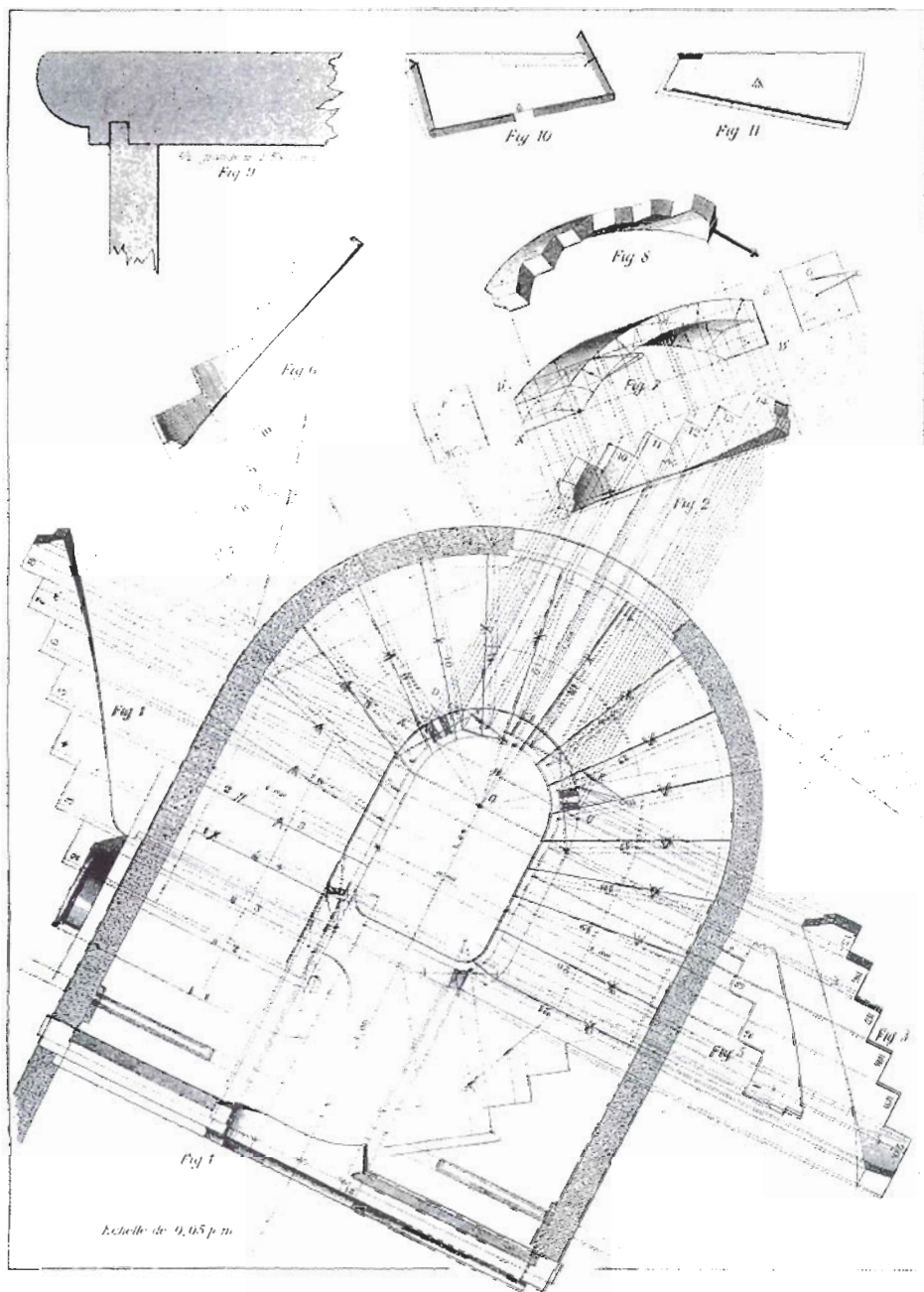
En efecto, se puede representar la planta, completada con abatimientos de la rampa y de las cremalleras o la rampa sólo acompañada con estudios preliminares o incluso no representar a tamaño real las huellas compensadas, para realizar su trazado in situ.

El caso más frecuente es el del plano en el que figuran la mayor parte de los elementos en el que el trazado ocupa mucho espacio y plantea, de entrada, el problema del soporte (la propia solera o el pavimento).

Cuando se trabaja sobre un pavimento se emplean cordeles, los cuales tienen menos precisión que los dibujos a lápiz pero es un sistema rápido. El área de trabajo debe prever las separaciones que dejen sitios de paso para que no se borren ni muevan las marcas, inconveniente que puede evitarse usando tableros desplazables como plantillas. Si se emplea tablero de partículas como plantilla, una técnica muy interesante consiste en trazar en un primer momento con punta seca y sólo dibujar a lápiz las partes definitivas. El riesgo de borrado accidental es limitado así aunque tiene como inconveniente la no reutilización del tablero.

Una plancha de contrachapado enérgicamente frotada con talco ofrece un soporte liso que se presta a un trazado muy preciso del lápiz y puede reutilizarse después de lavarlo con agua jabonosa. Finalmente un tablero pintado de negro y cuadrulado puede usarse a modo de pizarra con tiza.

Los trazos deben prolongarse en cualquier caso para facilitar el perfil de las piezas ya que éstas se presentan sobre esta 'plantilla'. En lo que concierne a los tramos, los trazos más importantes son el perfil de los peldaños, la cara y la trasera de las contrahuellas, la trasera de las huellas (que se trazan generalmente con un listón cuyo grueso corresponde al vuelo del perfil, a la profundidad de las ranuras y al espesor de las contrahuellas), la profundidad de los



entallados o rebajes en las zancas y las líneas que representan las paredes. Se trazan los abatimientos con relación a la planta si el lugar disponible es suficiente, o, en caso contrario, se superponen sobre la planta, lo que complica enormemente

la lectura.

Se abate la rampa sobre la que se llevan dos perpendiculares en las que se marcan las alturas de las huellas. Las escalas así constituidas, definen los niveles de las



huellas y se unen con una regla.

Las contrahuellas, vienen determinadas al replantearlas perpendicularmente a esa recta, o transportándolas sobre las líneas de nivel horizontales después de replantearlas sobre la planta con la ayuda de reglas. Basta entonces con trazar el canto superior de las zancas, con un compás, 20 ó 50 mm sobre el perfil de las huellas su canto inferior paralelamente al canto superior.

Finalmente el alzado de los pilaretes permite establecer la posición y características de los pasamanos y a veces, de los balaústres, aunque el trazado de estos últimos se efectúa en principio sobre la rampa ya elevada. El procedimiento es el mismo que el abatimiento de las cremalleras, sobre las partes verticales, de las cuales se hace figurar la ocupación de las contrahuellas compensadas debido a su ángulo de inclinación. El plano queda así listo para el trazado de las piezas.

### **Criterios de elección**

Sobre un plano a escala 1/10 figuran casi todos los abatimientos porque pueden ser fácilmente representados cosa que a escala real es más complicado porque habría que utilizar medios de dibujo no convencionales, pero además se precisaría un área de trabajo enorme; por este

motivo sólo se traza a escala real la planta con un estudio preliminar a 1/10 que orienta sobre los alzados.

Ambos sistemas se diferencian en tres criterios fundamentales: facilidad del trazado a 1/10, elevación excesiva en un plano a escala real de los abatimientos y competencia y habilidad necesaria para interpretar un trazado efectuado a una escala reducida, las cuales tienen por corolario un cuarto criterio: un obrero experimentado (y por lo tanto rápido en su trabajo) utilizará con facilidad un plano a 1/10; un principiante deberá recurrir al método que le permita visualizar lo mejor posible la marcha de las operaciones pero le llevará por contra más tiempo. Por otra parte no hay que olvidar las consecuencias sobre el trazado y la colocación. Ambos métodos conducen a la misma precisión pero reclaman técnicas diferentes para transportar dimensiones y ángulos.

Resumiendo, la vista en planta conviene que sea a escala real. Los abatimientos se realizan directamente sobre las piezas de la rampa o sobre las cremalleras teniendo en cuenta a la vez los alzados obtenidos en el estudio preliminar, pero es imposible realizar los desarrollos y proyecciones necesarios para el trazado de una pieza curva o las láminas de una pieza de madera laminada.

# Compensación de peldaños

Cuando la escalera presenta cuartos de vuelta, los peldaños radiales son muy estrechos en la línea de huellas. Para ensanchar progresivamente un cierto número de peldaños se emplean métodos de reparto y compensación.

Partiendo del diseño general de la escalera: trazado del contorno, número y tamaño de los peldaños, recorrido y cabezada puede plantearse compensar los peldaños.

El método aplicado variará dependiendo de las condiciones. Puede, por ejemplo, hacerse el cálculo directamente en obra para resolver posibles problemas como faltas de nivelación en suelos y paredes o maniobrabilidad de puertas o ventanas existentes. En este caso el trazado se realiza a la vez que el replanteo pero exige una sólida experiencia ya que hay que prever las consecuencias en alzado de las decisiones que se tomen en planta, sin excluir, por tanto, variaciones y correcciones sobre la marcha.

Por contra, en el taller, los cálculos se realizan con precisión, trabajando con un proyecto a escala 1/10 que servirá de apoyo a las diferentes operaciones matemáticas y a los trazados necesarios. Por otro lado, por medio de dibujos se puede prever cómo será el desarrollo.

## Reparto y compensación de peldaños

El reparto adecuado de peldaños conduce a mejoras estéticas y funcionales en planta y alzado. Los distintos métodos empleados tienen en común que los peldaños de esquina se colocan sobre la bisectriz de esquina dando lugar a peldaños medianeros con eje de simetría. Aunque no se impone ninguna regla sobre el número de peldaños a compensar,



se admite que para que una escalera resulte cómoda y dé la impresión de fácil desplazamiento debe tener dos o tres peldaños rectos en el arranque y en el desembarco de cada tramo y un retorno de peldaños compensados con siete u ocho escalones como máximo, repartidos a un lado y a otro del peldaño mediano. En efecto, los peldaños compensados, cuando son pocos, hacen difícil la circulación en los cuartos de vuelta y el alzado de la rampa no es muy armonioso. Y al contrario, cuando son muchos, las escaleras son incómodas por su número de peldaños atravesados, aunque las zancas resultan poco sinuosas y por tanto, técnica y estéticamente satisfactorias. Partiendo de la línea de huella, se posicionan los bordes de los peldaños espaciándolos el valor de una huella. Se determina el número de peldaños a compensar, que se colocarán a partir de los rectos.

## Métodos de compensación y reparto

Existen muchos métodos de compensa-

ción que se pueden clasificar genéricamente en dos grupos: métodos de construcción y métodos de corrección.

### Compensación por construcción

Consiste en repartir los cuellos de los peldaños por medio de la geometría o la aritmética; tal es el caso del compensado al rastrillo, del trapecio de compensación, de la compensación geométrica y de la compensación con cuellos iguales.

### Reparto por corrección

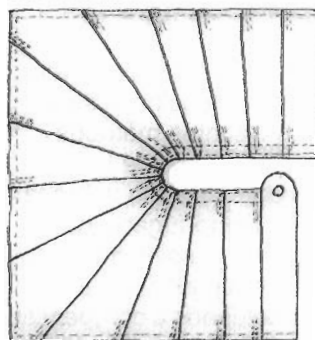
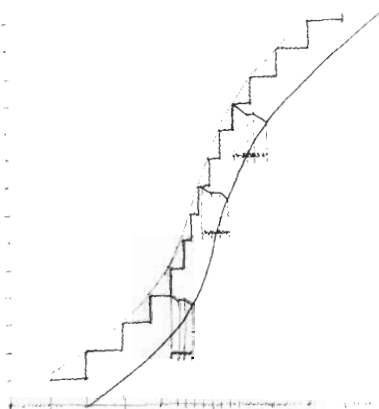
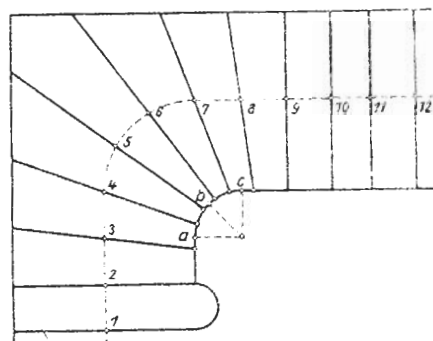
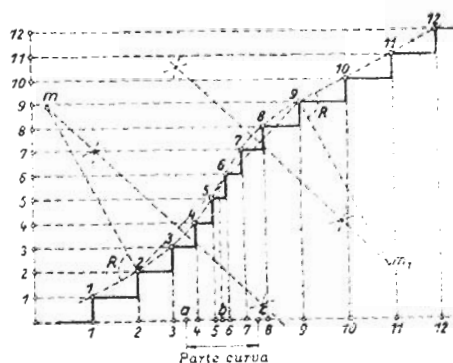
Modifica la colocación de los cuellos de algunos peldaños para mejorar estética o técnicamente un tramo. Son los compensados a ojo, mediante desarrollo y curvado del cuello.

En la práctica todos los métodos, a excepción del equilibrado a ojo, tienen el riesgo de aparecer como demasiado limitantes aunque la experiencia permite atenuar su rigor teórico con adaptaciones particulares in situ.

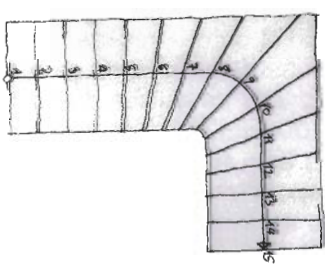
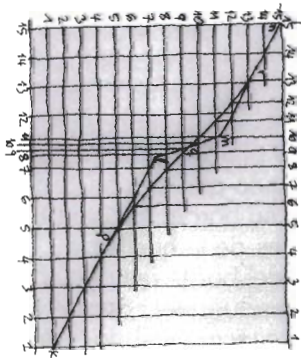
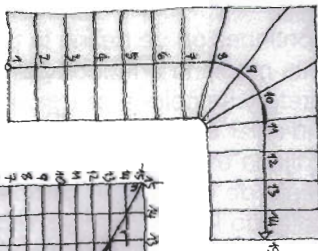
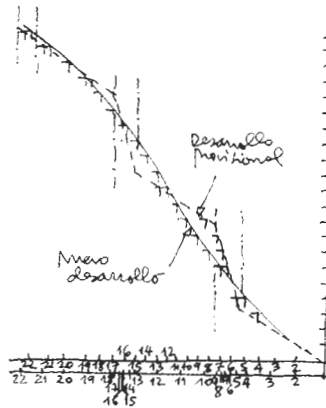
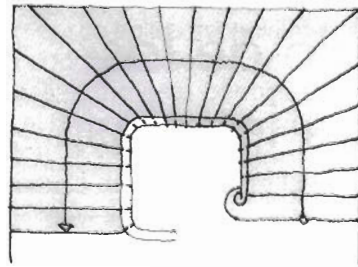
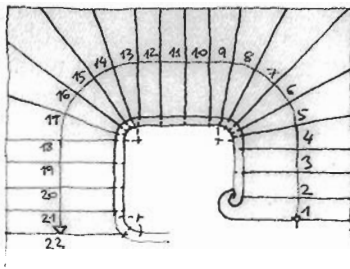
En la práctica, el compensado se realiza por trazados geométricos basados en reglas de progresiones geométricas. Cualquiera que sea el método de compensación adoptado debe basarse en métodos gráficos y quedar reflejado en un plano a la mayor escala posible. En él aparecerán los contornos de la caja, la zanca y la línea de huella.

## Método del desarrollo

Consiste en determinar el ancho de los cuellos ayudándose simplemente de la planta de la escalera, pero sólo considerando un desarrollo armonioso de las zancas, lo que se logra poniendo en relación la disposición de los peldaños en planta y en alzado. Conviene especialmente a escaleras de cubillos o curvas, es decir, aquellas que requieren un trazado especial de ciertas piezas y donde es importante la continuidad de la





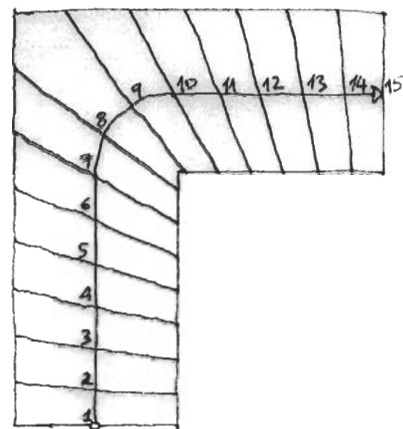
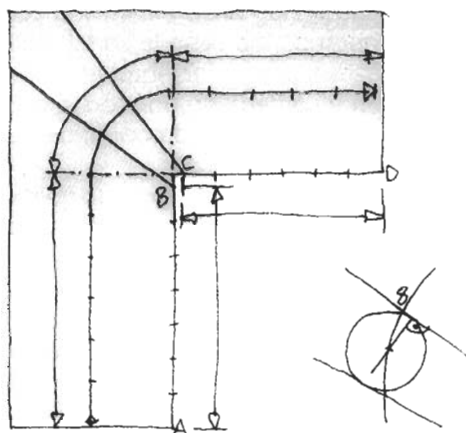


zanca y el pasamanos.

Primero se dibujan peldaños radiales provisionalmente y se comprueba el desarrollo en alzado de la zanca. En un diagrama de abscisas y ordenadas se colocan las huellas y los cuellos y se dibuja la zanca, obteniéndose una línea de desarrollo quebrada y abrupta. No se tiene en cuenta el canto de la zanca. A continuación se escoge el número de peldaños a compensar y se dibuja una línea de curvatura ligera que sea tangente a las dos líneas quebradas iniciales y pase por el centro de la tercera línea que las une.

Basta entonces abatir los puntos de intersección de la curva con la trama de las contrahuellas sobre una nueva línea de abscisas donde aparecerán los nuevos cuellos. Se requiere experiencia para determinar el número de peldaños a compensar y el encuentro entre las partes rectas y curvas de la zanca.

# Método de los cuellos iguales



Contrariamente al precedente, este método permite obtener cuellos iguales, de ahí su nombre, y suele requerir que todos los peldaños se compensen. Ofrece la ventaja de producir zancas y pasamanos rectos en alzado pero genera huellas muy agudas, lo que entorpecen un poco la comodidad. Para evitar esto se colocan los peldaños perpendiculares a la línea de huella lo que aumenta tanto el ancho de los peldaños cuanto menor es el ángulo del peldaño. Procediendo de esta forma, la suma de las huellas de cada tramo es superior al largo disponible. Se puede concluir que el cálculo del valor teórico de la huella debe realizarse sobre una línea de huella donde la longitud se ha disminuido previamente; esta reducción se estima en una décima parte del sector circular de la línea de huella.

Se comienza obteniendo el valor de la huella dividiendo la longitud de la línea de huella por el número de escalones (dos tramos rectos + arco de circunferencia). Colocando el perfil de los peldaños radiales perpendicularmente a la huella, aumenta en un décimo del arco el desarrollo total a costa de la longitud de la línea de huella. El nuevo valor teórico de

la huella se reparte sobre la línea de huellas disminuyéndola en arranque y desembarco.

A continuación se define la posición de la huella mediana en función de un eventual pilarete y se coloca prácticamente perpendicular a la bisectriz del ángulo. Una vez fijada esta huella sólo queda repartir el resto de las huellas compensadas dividiendo los dos tramos rectos interiores en tantas partes iguales como peldaños. Se procede entonces al compensado de las huellas que se marcan sobre la línea de huella recordando que son perpendiculares a ésta en su borde. Así para la parte situada antes de la huella de esquina se parte del borde del peldaño 8 tomando como abertura del compás la mitad del ancho teórico. Picando la punta del compás sobre la línea de huella se encuentra el punto de tangencia del arco de círculo con el borde precedente. Después se describe el mismo arco de círculo al otro lado de la línea de huella lo que permite obtener el borde del peldaño 7, tangente a este arco y rematando en el cuello correspondiente en el segmento AB. Se sigue así hasta llegar al peldaño 1.



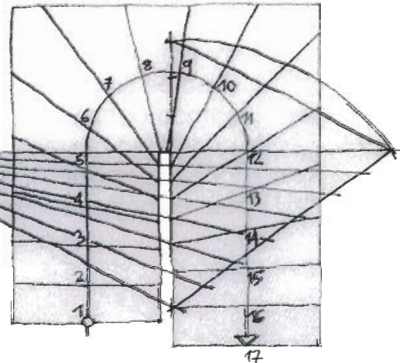
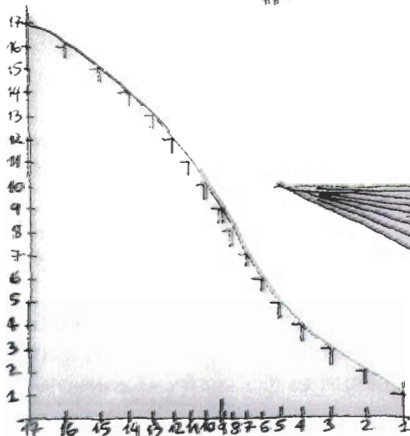
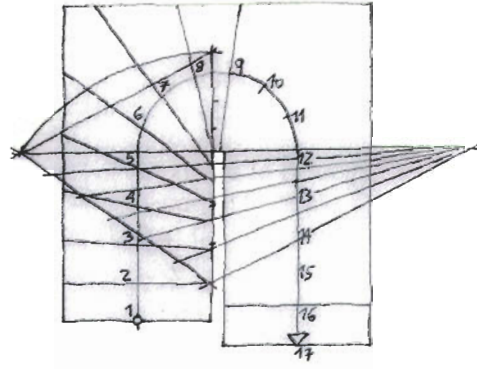
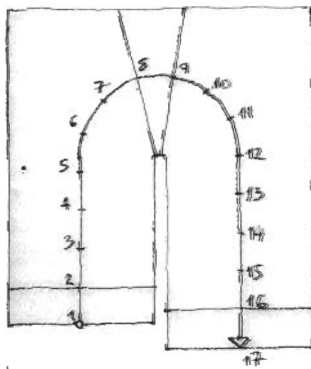
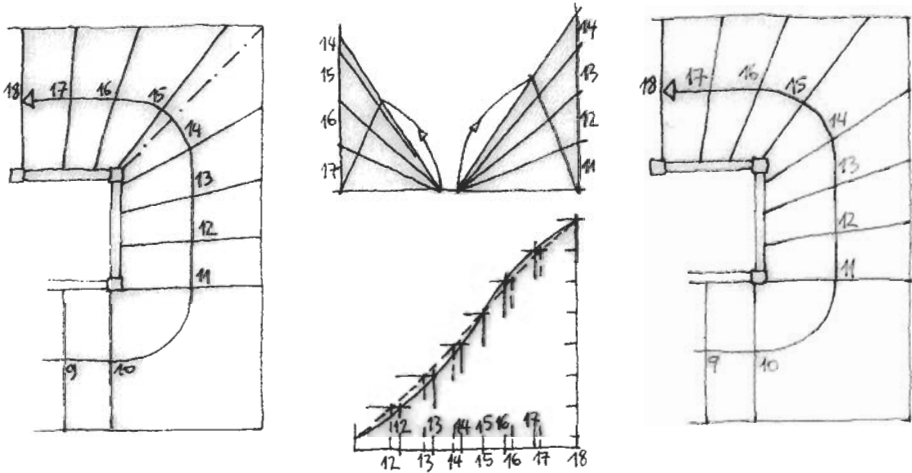


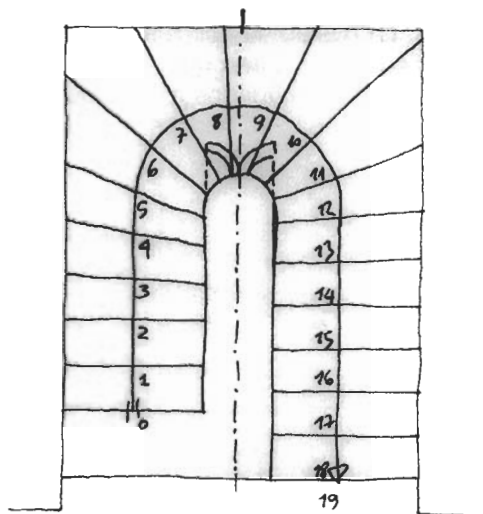
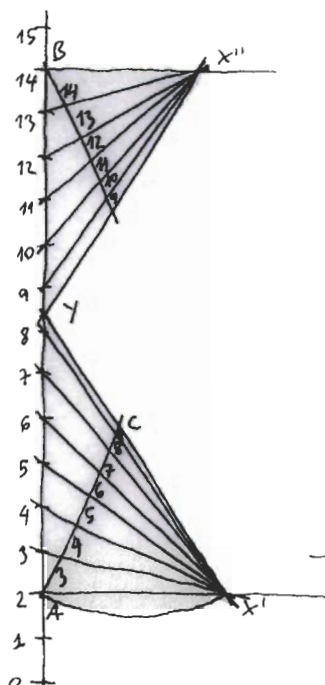
se transportan, sin más, a los tramos correspondientes.

El borde de cada huella viene pues

determinado por dos puntos y se pueden trazar con regla.

También se puede aplicara a escaleras con caja recta pero con cuarto de vuelta.





## Trapecio de compensación

Este sistema se basa en el Teorema de Thales, según el cual un haz de rectas determina segmentos proporcionales cuando corta a una serie de paralelas. El método se basa en las hipótesis de que los anchos de cuellos varíen en progresión aritmética desde el cuello más estrecho hasta alcanzar el valor de la huella.

Relativamente simple, se adapta bien a escaleras de media vuelta (tanto de pilarete como de cubillo) y de estribo, siempre que el número de escalones a compensar sea igual en ambos lados del peldaño meridiano. Es, en fin, uno de esos raros métodos que permiten compensar tramos de escaleras en S. Puede ser de trazado geométrico y aritméticamente.

### Expresión geométrica

La línea de huella y los peldaños se transportan sobre un plano, definiendo la

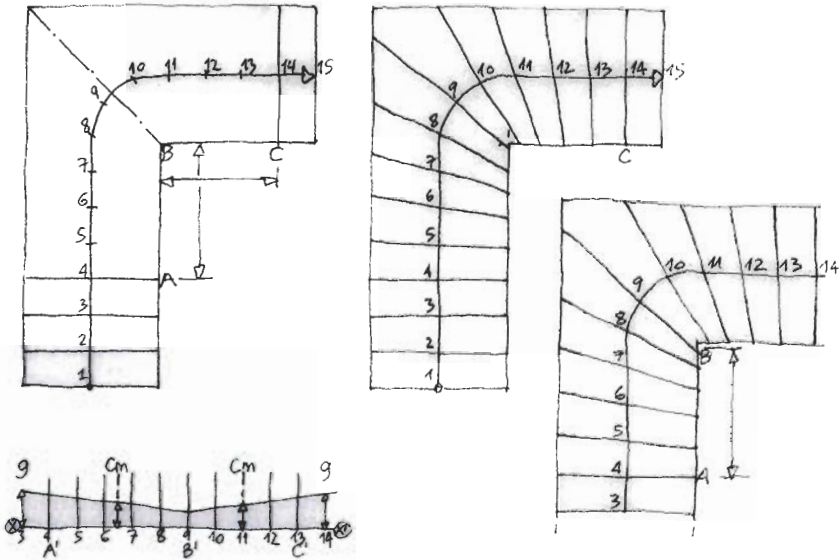
zona de compensado con su punto de comienzo A, y de final, C, además del de encuentro, B. Dibujando en la recta xx las huellas de los peldaños a compensar se dibujan en ordenadas las huellas conocidas, más la primera y la última. A continuación se dibuja la pendiente de los trapecios formados, uniendo estos puntos con lo cuellos medios (Cm). Media que se calcula dividiendo  $AB + CD$  entre el número de peldaños a compensar. Si el número de peldaños es impar, coincide con la huella central; si no, se sitúa entre dos. Donde esta pendiente corta a las verticales, es la dimensión de los cuellos.

### Expresión aritmética

Si es verdad que la geometría permite visualizar la reducción de los cuellos, la aplicación aritmética del Teorema de Thales es más fácil, en parte gracias al uso de calculadoras de bolsillo. Partimos de considerar que el perfil del peldaño de esquina está posicionado. De los tramos a compensar se puede obtener la dimensión de la huella media. La huella mediana se sitúa a la mitad de la parte a compensar y coincide con la huella 6. Los cuellos anteriores y posteriores forman una serie aritmética de razón

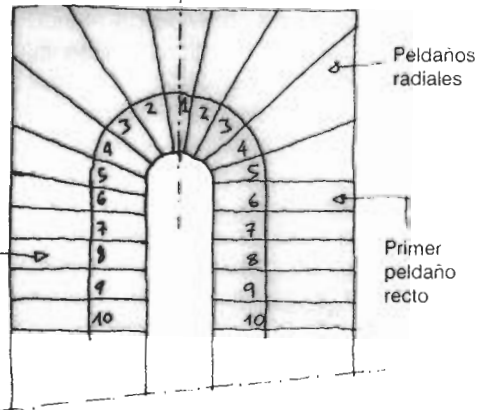
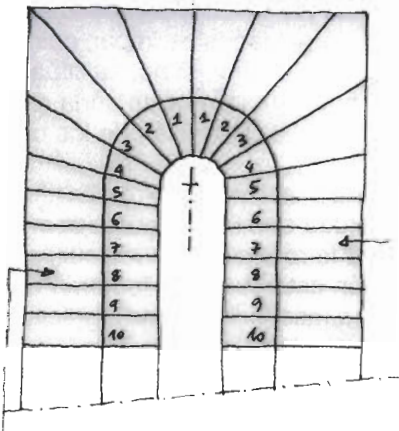
negativa respecto a la huella media. Basta entonces trasladar estos cuellos al plano, a partir del punto A. Lo mismo se aplica a la segunda parte a equilibrar. Dado que los carpinteros están más habituados a los medios gráficos, las series numéricas

pueden desconcertar; sin embargo son útiles al menos para comprobaciones ulteriores. El único inconveniente de este método es que se parte del peldaño de esquina, para lo que se requiere cierta experiencia.

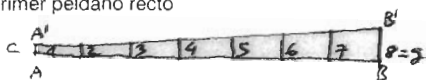


Peldaños compensados  $\rightarrow$  Peldaños radiales

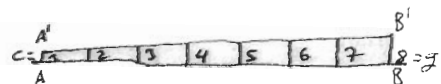
Peldaños compensados  $\rightarrow$



Primer peldaño recto

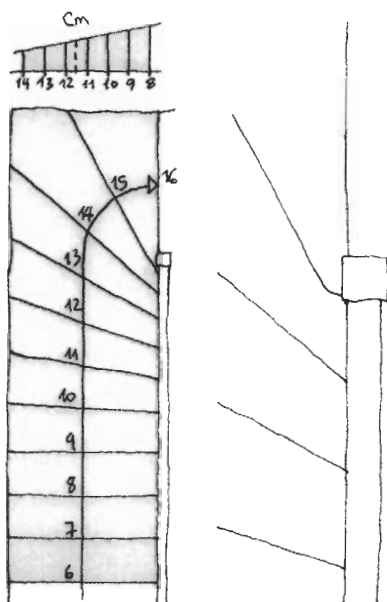


Caso de que el eje coincide con una contrahuella

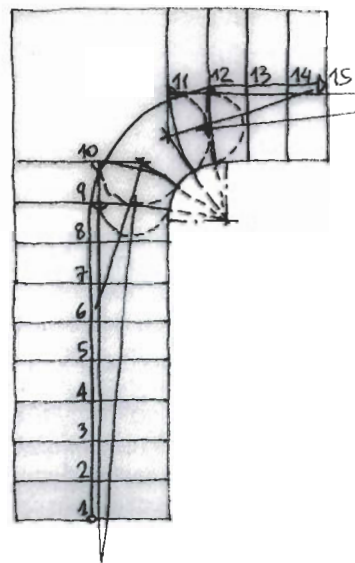
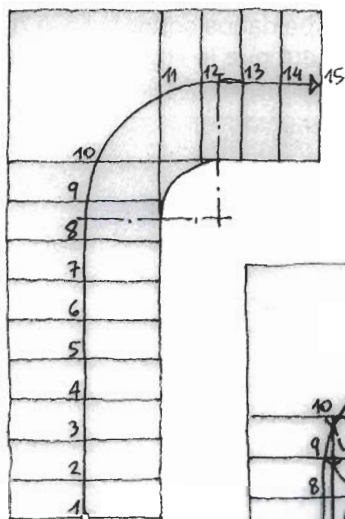


Caso de que el eje coincide con la bisectriz de una contrahuella





radio del arco del círculo formado por la zanca y, de otra parte, por la parte recta de esos bordes.



## Curvado de los peldaños

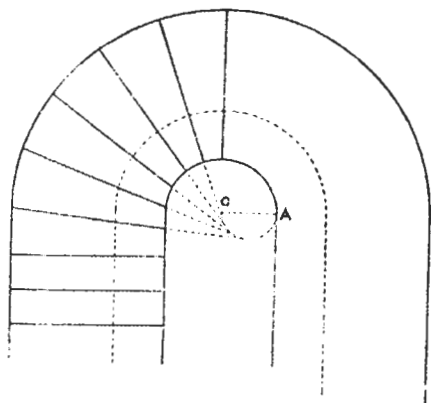
La técnica del curvado o 'dulcificado' permite hacer desaparecer los resaltes bruscos de los descansillos de esquina donde dos alturas de huellas se superponen en el cuello, lo cual es peligroso en el descenso. La técnica del curvado, contrariamente al compensado no consiste en desviar la arista entera de un cierto número de huellas, sino modificar, por redondeado, la línea de huella y los cuellos. Generalmente se practica sobre una huella y media de cada tramo consecutivo curvando la línea del peldaño en la parte próxima a arranques y desembarcos para lograr así un desarrollo lo más armonioso posible de la zanca.

En la práctica estas correcciones se realizan a mano alzada con ayuda de una plantilla curva. Cuando hay que curvar muchos peldaños conviene acudir a un trazado para que las curvas se integren bien unas en otras. Lo mejor es que los arcos de círculo se unan de una parte al

# Método del semicírculo

Se dibujan los peldaños sobre la línea de huella, de manera que la superficie de un rellano se encuentre en el centro de la curvatura.

Se traza un semicírculo cuyo diámetro coincida con el radio de curvatura de la zanca y desde los puntos de división de la línea de huella se trazan tangentes a esta semicircunferencia hasta que se llegue a una división que permita trazar el peldaño recto sin que su prolongación toque a dicha semicircunferencia.



# Dimensionado de la escalera

## Desarrollo de la escalera

Diseñar una escalera consiste en encontrar para un paso dado la morfología más cómoda para el usuario (incluyendo huella y contrahuella) y la mejor adaptación al lugar de destino (número y reparto de los escalones).

A pesar de los aspectos teóricos de algunas nociones que se van a desarrollar a continuación, es importante conocerlas si se quieren resolver todos los problemas planteados.

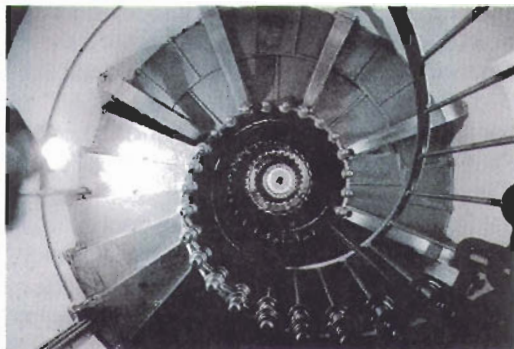
### **Determinación del confort y la seguridad**

La escalera debe permitir recorrerse con el mínimo esfuerzo y la máxima seguridad, lo que podría definirse como confort activo.

La seguridad de las escaleras, frente al riesgo de caídas, depende de su trazado en planta y alzado según determinadas medidas basadas en la escala humana y en los materiales empleados.

Poder posar bien el pie y avanzar casi a ciegas, es capital. Para ello se requiere que la altura sea siempre la misma y las huellas sean muy parecidas entre sí. Por razones de seguridad deben evitarse, en lo posible, los peldaños radiales. El compensado de peldaños en las escaleras con tramos rectos y curvos, obedece a esta necesidad, lo mismo que las dimensiones de sus cuellos, que no deben ser ni muy estrechos ni muy alargados.

Los arranques y desembarcos deben ser armoniosos: en este sentido las escaleras



antiguas presentan grandes refinamientos, con soluciones como el giro de los peldaños de arranque, con progresión de alturas, etc.

No deben existir tramos con más de 20 peldaños seguidos, 'rompiéndolos' con descansillos intermedios pero, en el otro extremo, tampoco conviene poner menos de 3 peldaños seguidos: para ello se puede jugar con su altura.

Las barandillas, quitamiedos y pasamanos son elementos complementarios a la seguridad que deben proporcionar los propios peldaños.

La economía del esfuerzo a desarrollar se basa en la unidad de movimiento del caminante, que progresa a pasos iguales en función de la pendiente por donde se desplaza. Todas las fórmulas de cálculo de inclinación de rampas y escaleras se deducen de estudiar el paso normal de un adulto de talla media según dos líneas de referencia: la línea de huella y la línea de cabezada. De todos estos conceptos se habla a continuación.

### **Paso humano y dimensiones de huellas y contrahuellas**

Se denomina paso a la distancia a que se



desplaza el pie en marcha normal. Sobre un plano horizontal esta distancia es de 63 cm aproximadamente; cuando el recorrido se efectúa en un plano inclinado la magnitud del paso disminuye como consecuencia del esfuerzo y de la inclinación del cuerpo. Asociando el paso a superficies planas horizontales y verticales, la escalera sería asimilable a un plano inclinado en el que se ha practicado un dentado para apoyar el pie; de ahí se deduce que las dimensiones de las huellas dependen del valor del paso. Para determinar el valor del paso aplicado a una escalera, es decir, para dar a sus peldaños la altura y anchura adecuados, los proyectistas han acudido a suposiciones que se basan en las sugerencias del arquitecto y matemático francés del siglo XVII François Blondel.

En su "Curso de Arquitectura" François Blondel vino a decir más o menos lo siguiente: la longitud del paso de un hombre que marcha a nivel es de dos pies, es decir, de 24 pulgadas, y la altura del que sube por una escala vertical es nada más que 1 pie (o doce pulgadas). De donde parece que la longitud natural del paso extendido es el doble de la altura natural del mismo paso en vertical y por tanto que, al juntar ambas, como ocurre en todas las rampas, es preciso que cada parte en altura sea la compensación tomada por dos partes de nivel y que una y otra compongan un paso natural de dos pies, o veinticuatro pulgadas.

Esta regla trae consigo interesantes conclusiones sobre la descomposición del paso en una escalera. Muestra en primer lugar que cada vez que se eleva una pulgada (de las antiguas, de 27 mm) el valor de la parte horizontal del paso se reduce dos pulgadas y que la suma de la altura doblada del paso y de su huella debe permanecer constante y estar entre dos pies. De ahí la conocida fórmula que aparece en las reglas de diseño:  $M = 2h + g = 22$  pies [Módulo = 2 alturas + huella = 2,2 pies, ó 64,8 cm], que se

deduce de que cuesta el doble de esfuerzo subir un escalón en vertical que en horizontal.

Conviene subrayar que este módulo no hace intervenir, como a veces se pretende, la huella comprendida entre dos alturas consecutivas sino la huella y dos veces la altura de un mismo paso.

La teoría de Blondel define un módulo que es raramente utilizado hoy en día y que corresponde a las ideas del siglo XVII. Este módulo fue corregido por Scamozzi que definió el paso ideal como el que tendría por altura la mitad de su huella (es decir 16 cm sobre 32). Actualmente se considera suficiente que los peldaños tengan una altura de 17 cm por 29 cm de huella correspondiéndoles por tanto un módulo de 63 cm.

El peldaño se diseña, por tanto, según esta regla clásica: dos contrahuellas más una huella igual a un paso (63 cm). Las medidas que cumplen el ideal son el patrón de 17/29 y sólo las escaleras especiales se escapan de este canon. Por ejemplo en los establecimientos públicos se puede llegar a 62 cm y en viviendas particulares, a 52 cm. A medida que se apartan de estas proporciones, los peldaños disminuyen su seguridad.

Cuando las pendientes son bajas las huellas son extensas y cuando son pronunciadas las huellas son cortas.

### Reglas de diseño

Son tres, atribuidas a Rondelet: la de la longitud media del paso ( $2H + C = 63$  cm), la de la comodidad ( $H - C = 12$  cm) y la de la seguridad, que reproduce la longitud del paso del que sube una escalera ( $H + C = 46$  cm). En el caso de un peldaño de 17/29 las tres reglas coinciden en el desarrollo de la escaleras.

### Módulo de paso preferencial

En razón de la diversidad de casos particulares se constata en la práctica, la dificultad de atenerse a un módulo fijo. Así, en la fórmula de Blondel, el paso vertical exige más esfuerzo que uno

horizontal y por lo tanto para un mismo valor absoluto, un módulo puede comportar una parte mayor o menor de recorrido vertical, o lo que es lo mismo, comporta más o menos esfuerzo. Se considera por tanto que, para reducir el esfuerzo del usuario, el valor del módulo debe decrecer cuando la pendiente aumenta lo cual parece confirmar algunas experiencias realizadas a finales del siglo XIX. El módulo preferencial está comprendido entre 57 y 65 cm y puede determinarse con la fórmula de Blondel o por sistema gráfico.

Aun con todo, la comodidad de una escalera raramente se puede determinar a priori.

### La línea de huella

La línea de huella es la de recorrido virtual

al utilizar la escalera.

Esta línea se puede desplazar artificialmente buscando la mayor comodidad posible: acercando los peldaños irregulares (radiales, etc.) al peldaño ideal (una huella humana = 29 cm) para eliminar riesgos de cabezada, desplazando la posición del pasamanos, o alargando el ojo de la escalera: se desplaza así la zanca, a la vez que se reduce el ancho, arañando así algún peldaño más.

La línea de huella pasa por en medio del ancho de huella cuando el tramo es recto e inferior a 1 m. Cuando el ancho es superior a 1 m se sitúa a 50 cm del ojo o del interior.

En las vueltas que producen peldaños radiales existen algunas normas que recomiendan determinadas dimensiones. Por ejemplo la DIN establece la siguiente:

Tipo de trazado	Línea de huella		Anchura de la escalera
	Ancho	Distancia del eje al borde interior	
De vuelta completa con escalones compensados	16 cm	40 cm	80 cm
Media vuelta con escalones compensados	20 cm	50 cm	100 cm
Caracol con ojo	18 cm	45 cm	90 cm
Caracol con fuste	16 cm	48 cm	80 cm

### Recomendaciones inglesas

Peldaños	Max contrahuella mm	Min huella mm
Escalera privada	220	220
Escalera común	190	240
Escalera institucional	180	280
Otras	190	250

## Dimensionado de los peldaños

Aparte de las reglas de diseño, numerosos códigos, normas y tratados de construcción se han ocupado de ofrecer recomendaciones dimensionales para facilitar el diseño de las escaleras. Se recogen a continuación algunas de ellas para que sirvan de orientación al diseñador, sin ningún afán catalogador o normalizador.

### Recomendaciones anglosajonas

#### Peldaños rectos:

Escaleras privadas:

Longitud del paso 570mm < p < 625 mm

Pendiente máxima < 42°

Contrahuella máxima 200 mm  
 Huella mínima 212-220 mm  
 Escaleras públicas:  
 Pendiente máxima  $< 38^\circ$   
 Contrahuella máxima 190 mm  
 Huella mínima 225 mm  
 (Carpentry and Joinery, 1969, y Advanced  
 Carpentry and Joinery, 1962)

### **Peldaños radiales:**

Se fija un cuello mínimo  $> 75$  mm  
 (Carpentry and Joinery, 1969 y Advanced  
 Carpentry and Joinery, 1962) ó de 50 mm  
 (Contract Joinery, 1981) pero para las  
 huellas y contrahuellas mínimas se  
 establece el cumplimiento de la fórmula  
 del paso  $H + 2C$  medida a 265 mm de los  
 extremos del ancho de la escalera, que  
 debe estar entre:

- 635 y 572 mm cuando la conicidad es  $10^\circ$  ó 710mm en el resto de los casos (Carpentry and Joinery, 1969).
- 550 y 720 mm cuando la conicidad es  $15^\circ$  y el ancho  $> 1000$  mm y pendiente máxima  $38^\circ$  (Advanced Carpentry and Joinery, 1962 y Contract Joinery, 1981).
- 550 y 700 mm con un mínimo de 220 mm en el centro del ancho y pendiente máxima  $42^\circ$  (Advanced Carpentry and Joinery, 1962 y Contract Joinery, 1981).

### **Recomendaciones alemanas**

Schmidt y Hansmann hacen referencia a la fórmula de la longitud media del paso de 630 mm, que se completa con la regla de la comodidad  $H-C=120$  mm, y la de la seguridad,  $H+C=460$  mm.

Algunos tratados recomiendan medidas especiales de contrahuellas:

- de 14 a 16 cm en escaleras de jardines
  - de 16 a 17 cm en escaleras de edificios públicos
  - de 17 a 18 cm en viviendas
  - de 20 cm en viviendas unifamiliares (Tratado de Construcción, 1980 y Las escaleras en Arquitectura, 1993)
- Neufert (El arte de proyectar en Arquitectura, 1961) ofrece dimensiones muy parecidas: paso 610-640 mm, regla de la comodidad 120 mm y regla de la seguri-

dad 480 mm.

Propone como peldaño más favorable el de 170 x 290 mm, cuello mínimo en escaleras de caracol, 100 mm medidos a 150 mm del borde. Además comenta otras ordenanzas existentes.

### **Recomendaciones francesas**

Básicamente siguen las mismas reglas geométricas y aritméticas alemanas pero con ligeras variaciones. Partiendo de la fórmula original de Blondel  $2C + H=640$  mm se establecen variaciones para locales públicos (620 mm) y viviendas (que pueden llegar a 520 mm). Las escaleras clásicas tienen una contrahuella de 170-180 mm, que baja a 130 mm en las escaleras representativas y sube a 190 mm en las utilitarias. Se aplica también la regla de la seguridad de 470 mm (Escaliers, 1997).

### **Contrahuellas en las escaleras especiales**

Escaleras de jardines al exterior de edificios con pocos peldaños (escalinata): de 14 a 16 cm

Escaleras de teatros, escuelas, etc: de 16 a 17 cm

Escaleras de casas de vivienda para una o varias familias: 17 a 18 cm

Escaleras de poco tránsito en casas unifamiliares: hasta 20 cm.

Escaleras menos usadas para desvanes o sótanos: hasta 22 cm (R. Schmidt)

Con contrahuellas superiores los tramos resultantes son más largos y con contrahuellas inferiores los tramos serán más cortos.

En escaleras sin contrahuellas el hueco entre peldaños no debe superar los 12 cm, que es la misma entre barandillas, el espacio suficiente para que se cuele un niño pequeño..

### **Recomendaciones en códigos de entramado ligero**

Las dimensiones mínimas de huellas y contrahuellas que se reflejan en códigos de construcción de entramados de



madera son las siguientes: huellas de 210 a 235 x 38 mm (2 x 10" nominal, 91/4" real), y contrahuellas 200-210 mm (8-81/4"). Grueso mínimo de las huellas, 38 mm cuando no existan contrahuellas pero puede reducirse a 25 mm (1") cuando estén soportadas en el muro en toda su longitud.

Ancho mínimo: 860 mm medido de una cara a otra de las paredes.

Las zancas no se separan más de 600 mm (14") cuando sirven a más de una vivienda, 900 mm (36") cuando no hay contrahuellas y sirven a una vivienda, y 1200 mm (48") cuando sirven a una vivienda y tienen contrahuellas.

Se pueden utilizar tableros contrachapados y de OSB en las huellas. El grueso mínimo aceptable es 25 mm (1") si existen contrahuellas. Cuando no, deben incrementarse a 38 mm (1 1/2") si las zancas superan los 750 cm (30").

Altura de paso libre

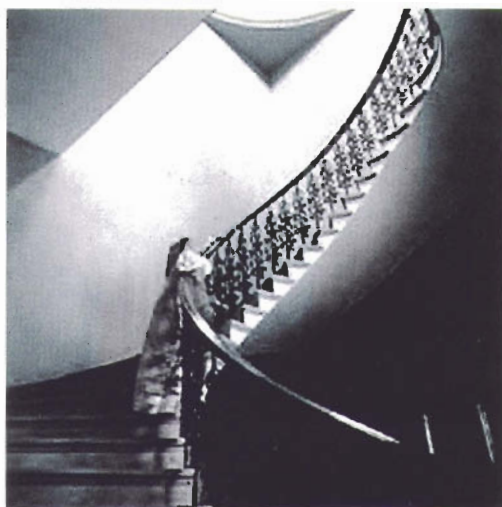
Ha de ser al menos de 200 cm (Din 18065), aunque en general se admite una mordida triangular en sus bordes superiores, de 25 cm de lado.

## Ancho del paso

El ancho del paso es la banda virtual delimitada por la separación de los pies en planta, del sujeto que se desplaza; corresponde sensiblemente a una banda de 30 cm de ancho en tramos rectos, aunque en escaleras especiales se admiten otras dimensiones como las que figuran en la tabla adjunta.

Tipo de trazado	Ancho del paso
De vuelta completa con escalones compensados	16 cm
Media vuelta con escalones compensados	29 cm
Caracol con ojo	18 cm*
Caracol con columna central	16 cm*

\* Media, puede variar con la anchura de la escalera.



### Ancho útil

Es la dimensión libre de la escalera entre los elementos laterales más próximos; sean éstos paredes de la caja, barandillas o elementos auxiliares. Las dimensiones recomendadas por reglamentos y códigos de construcción son variadas, pero en general no bajan de 80 cm (y esto para un caso muy concreto; el de viviendas unifamiliares de dos plantas como máximo).

Hay que tener en cuenta que el ancho útil de un tramo está en función de la altura, la distancia del eje del cuerpo a la palma de la mano (se consideran 35 cm), la colocación del pasamanos y la altura de las espaldas para una persona que no va cargada (60 cm).

Ancho útil de escalera, línea de huella y ancho del paso son factores que están íntimamente relacionados.

Aunque los códigos y normas recomienden unos anchos mínimos, se trata siempre de dimensiones orientativas. Así por ejemplo para llevar una bandeja se necesitan 85 cm como mínimo, para llevar dos maletas, 1 m, para subir muebles, 1,20 m, por otro lado desplazar una cama de 140 x 190 cm no es nada excepcional...

Otro criterio complementario para determinar la anchura útil de las escaleras depende del número de personas que

circulan en uno y otro sentido y al tiempo previsto de desalojo (Neufert)siendo algunas magnitudes recomendables: 1,25 m para dos personas, 1,85 para tres y 1,70, 2,20 y 2,50 m para usos del edificio de 100-500, 500-1000 y más de 1000 personas.

Otra recomendación, la norma DIN 18065, fija la anchura normal  $a = 1$  m, a la que se suplementa cada 100 personas en las siguientes cantidades:

100-500 personas	a + 0,70 por
cada 100 personas	
500-1000 personas	a + 0,50 por
cada 100 personas	
más de 1000 personas	a + 0,30 por
cada 100 personas	

La anchura calculada se ha de repartir en varias escaleras ya que las escaleras necesarias no pueden ser mayores de 2,50 m sin colocar barandillas intermedias.

Algunos códigos franceses recomiendan estas otras.

- longitud de las huellas	
Escaleras monumentales	1,80 a 2,60 m
Locales públicos	1,60 a 2,40 m
Edificios de oficinas	1,20 a 1,60 m
Edificios de vivienda	0,80 a 1,20 m
Escaleras de servicio	0,70 a 0,80 m
Escaleras de sótano	0,90 a 1,10 m

- unidad de paso

	1 ud	2 ud	3 ud
Escalera entre dos barandillas	0,60 m	1,20 m	1,80 m
Escalera entre una barandilla y un muro	0,70 m	1,20 m	1,80 m
Escalera entre dos muros	0,80 m	1,20 m	1,80 m

- anchos de escaleras de locales públicos  
De 51 a 100 personas 2 escaleras de 1 ud de paso mínimo o 1 escalera de 2 uds y una de seguridad

De 101 a 200 personas	2 escaleras de ancho 3 uds de paso total
De 201 a 300 personas	2 escaleras, de 2 unidades de paso cada una
De 301 a 400 personas	2 escaleras, cada una de 2 ud y un total de 5 ud
De 401 a 500 personas	2 escaleras, cada una de 2 ud de paso y un total de 6 ud

(Escaliers, 1997. Pag 17)

En algunos códigos canadienses se definen los siguientes anchos mínimos (norma NBCC)

1100 mm (44")	para escaleras que sirven más de 3 plantas sobre rasante y un sótano
900 mm (36")	para escaleras que sirven no más de 3 plantas sobre rasante y no más de un sótano
1650 mm (65")	para escaleras que sirven dormitorios de pacientes (hospitales)

### Antepedechos y barandillas

Se requieren a partir de una posible caída libre superior a 1 m. Basta que tengan una altura de 0,9 m pero a partir de 12 m de caída ésta debe aumentarse a 1,10 m.

La altura de la barandillas se mide a partir del borde superior del peldaño. Los huecos de las barandillas no pueden ser mayores de 12 cm en ningún sentido (normas DIN).

### Pasamanos

Se exige al menos un pasamanos fijo y seguro en cada tramo, salvo que la escalera tenga menos de 5 peldaños y una altura de caída inferior a 1 m (excepto reglamentaciones especiales como para ancianos y minusválidos).

El pasamanos debe ponerse aunque el tramo limite con una pared, debe colocarse en el lado libre de los peldaños y ser continuo.

Si la anchura de la escalera es superior a

1,50-1,60 m (según tipo de edificio) deben ponerse pasamanos a ambos lados.

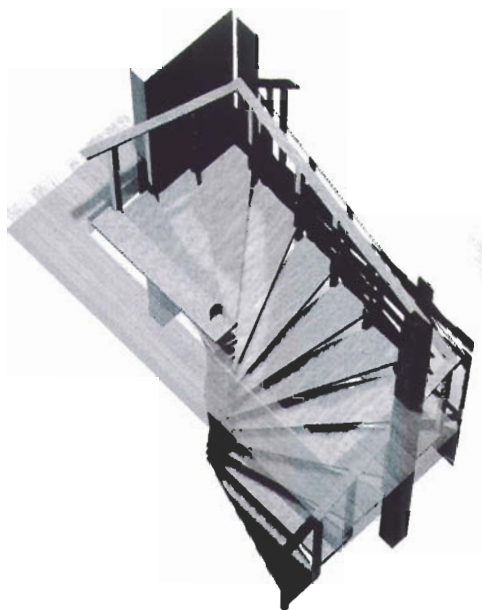
### Tramos y descansillos

Existen algunas reglas sencillas de diseño en los manuales clásicos de construcción. Algunas de ellas son las siguientes:

Los tramos largos de escaleras deben estar entre 15 a 18 peldaños (R. Schmidt)

o  $\geq 13$  peldaños y  $\geq 18$  peldaños (Neufert), siendo los descansillos, de longitud L, siendo  $L = H + n(2C + H)$  (R. Schmidt) o  $n$  pasos + H (Neufert) o  $L = 2C + H$  (Christine-Ruth Hansmann) o

magnitudes equivalentes.



## Dimensionado de distintos tipos de escaleras

Al ser escaleras bien conocidas en construcción, algunos tratados antiguos se atrevían a ofrecer dimensionados aproximados.

### Dimensiones de escaleras a la molinera

Las tablas de las huellas con gruesos de 4 cm, van encajadas en zancas de 5 a 6 cm de grueso y unos 25 cm de canto.

La altura de los peldaños suele ser de unos 20 cm. La distancia entre las aristas anteriores de dos sucesivos, de 17 a 20 cm. Las huellas deben ser de 25 a 30 cm de ancho.

### Dimensiones de escaleras a la francesa

Al ser ensambladas, estas escaleras están constituidas por huellas de 4 cm, donde el saliente sobresale también 4 cm. Las contrahuellas suelen tener 2 cm de grueso. Huellas y contrahuellas entran en las zancas unos 2 cm. La zanca paredaña

tiene un grueso de 5 cm y la exenta, 6 cm. El canto se determina de manera que queden sobre la arista anterior y bajo el su borde superior de las huellas unos 4-5 cm (medidos perpendicularmente a la pendiente) pero suele estar entre 25 y 35 cm.

La barandilla tiene unos 0,90 cm de alto y los barrotes, de 3 a 4 cm de lado separados entre sí a lo sumo 13 cm.

El pilarote de arranque está formado por una pieza de 6 a 8 cm de ancho.

### Dimensiones de escaleras a la inglesa

Las zancas tienen de 4 a 6 cm de grosor y en su parte más estrecha (descontando el diente), de 15 a 17 cm (con máximos totales de 31 a 33 cm).

Las huellas tienen 5 cm de grueso y las contrahuellas, 2 cm. El resto de medidas es semejante a las escaleras a la francesa.



### **Dimensiones de las escaleras de entramados ligeros**

El gran desarrollo de los entramados ligeros en la construcción tradicional ha propiciado la estandarización de este tipo de escaleras. Generalmente se trata de escaleras a la inglesa, aunque también se ven muchas escaleras a la francesa. Al ser de tradición anglosajona, las dimensiones vienen expresadas en pulgadas y pies.

Las zancas suelen vigas ser rectas de 2 x 12" para dar un grosor mínimo de 3<sup>1/2</sup>" entre el borde inferior y el diente. Las zancas se atornillan a brochales o viguetas de madera de los forjados. En la solera, se atornillan sobre durmiente de madera tratada y anclada (de 2 x 4 ó 2 x 6"). Estas escuadrías valen para anchos de 3 pies. Cuando se emplean menores escuadrías se requiere introducir una zanca intermedia.

Los peldaños son de más de 10<sup>1/4</sup>" de huella y 7<sup>1/4</sup>" de contrahuella y de 2" de grueso. Se atornillan sobre la zanca. Las contrahuellas tienen un grosor habitual de 1".

El trazado se realiza habitualmente con escuadras metálicas o con triángulos de contrachapado cuya pendiente es la de la escalera. En ambos casos se han de escoger piezas de madera aserrada de 2 x 10 ó 2 x 12 " (dependiendo del grosor remanente entre el diente y el borde inferior que nunca debe bajar de 3<sup>1/2</sup>").

# Despiece

La puesta en obra de materiales de acuerdo al proyecto sirve para dar su forma definitiva a la escalera. Un mal proyecto conduce a un resultado mediocre, pero a la inversa también ocurre. Los métodos elegidos influyen en el resultado final pero también es importante la capacidad manual del constructor y la posibilidad de efectuar un premontaje en taller. Si la elección de la especie de madera se mantiene en suspenso hasta conocer la elección final del constructor es importante disponer en almacén, de chapas y maderas adecuadas convenientemente secas.

En el momento de acometer el despiece hay que tener conciencia de los problemas que presenta cada especie, escuadrías disponibles, durabilidad, defectos y todas las características que pudieran afectar. Por ejemplo, al contrario que las tropicales de importación, las coníferas y frondosas europeas están poco disponibles en grandes escuadrías. Así que con especies continentales es casi inevitable acudir al encolado de piezas, lo que implica un trabajo y un coste añadido.

## Hoja de despieces

Según el tipo de plano y los métodos utilizados en el taller puede ser útil emplear una hoja de despieces, lo que permite el trabajo en equipo sin conocer necesariamente el trazado total de la escalera.

Sin embargo la hoja, en la que figuran la lista de piezas, con sus dimensiones respectivas, es insuficiente y debe completarse con dibujos a pequeña escala, en particular en zancas y cremalleras curvas. Estas últimas son aproximativas y sirven sobre todo para la selección de la madera que puede 'contener' a la pieza que se necesita, siendo necesario para



ellas un trazado a escala real. Normalmente se hace sobre un tablero contrachapado delgado que es fácilmente manipulable en el taller.

## Corte y mecanizado

En la fase de corte y tallado, las piezas toman un carácter definitivo. Esto incluye las operaciones concernientes al cepillado.

## Despiece de pilaretes

En los pilaretes de gran sección es deseable disponer de un stock de perfiles de 100 a 180 mm de lado, piezas que puedan examinarse y ser seleccionados fácilmente con un secado rápido y uniforme. Cuando se deba obtener la sección por encolado de otras piezas es preferible que éstas procedan de una misma pieza aserrada para que estén menos sujetas a deformaciones y sus juntas se procurarán dejar invisibles.

## Despiece de zancas y cremalleras

Es deseable sacar las zancas de una pieza única ya que una pieza compuesta puede estar sujeta a deformaciones. Sin embargo en los dos casos (y con más razón cuando se utilizan dos piezas

desdobladas o cortadas y colocadas 'a espalda' hace falta colocar el corazón de la madera del lado opuesto al peldaño con el fin de que una posible retracción por cambios de humedad estacionales no separe las huellas de las contrahuellas. Cuando las zancas son curvas las piezas deben escogerse, en la medida de lo posible, en función de esa forma. Además, como el encolado de los bordes suele ser indispensable, se deben aparejar cuidadosamente las maderas y ocultar las juntas para que sean también poco visibles.

Las cremalleras exigen tanta precisión como las zancas, pero contrariamente a éstas pueden recortarse en su dorso, con el corazón ubicado del lado del peldaño. En cualquier caso la elección de piezas puede ser menos rigurosa ya que las cremalleras van adosadas o empotradas en los muros y generalmente quedan invisibles. Por eso, en maderas nativas de poco espesor, algunos carpinteros forman paneles, colocando los pies en la cabeza sobre los calces dibujando las cremalleras y así los 'dientes' se imbrican unos en otros. Este procedimiento es particularmente interesante cuando se utilizan plantillas, lo que permite por otro lado una economía de material.

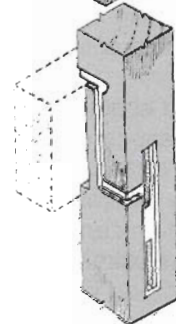
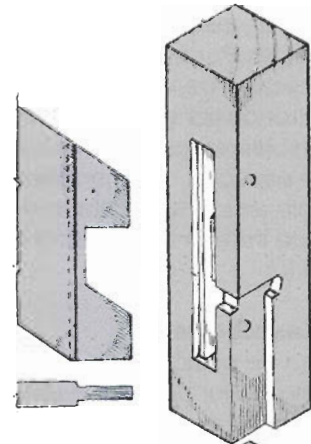
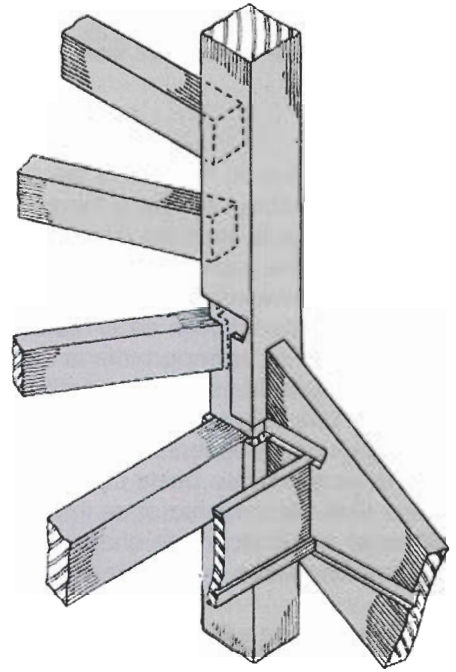
### Desfondado de zancas

A excepción del trabajo con máquinas de control numérico el desfondado o cajeado se suele realizar con máquinas portátiles eléctricas ayudados por guías especiales que siguen determinadas plantillas.

### Corte de cremalleras

Se efectúa generalmente con ayuda de una sierra de cinta o de una sierra circular electroportátil que dan en ambos casos un acabado bruto. El primer sistema podría obtener, con alguien experimentado, un resultado suficientemente preciso, pero en el segundo es más difícil porque su posicionamiento es más aleatorio y la visibilidad es menor.

Hay que tener cuidado para no rebasar la







esquina entre huella y contrahuella, lo que debilitaría la sección. Por eso se emplea en esos puntos una sierra de calar.

La parte vertical de los dientes que reciben contrahuellas compensadas se efectúa generalmente con sierra de mano por medio de golpes dejados en bruto. El contorneado del canto inferior de las cremalleras curvas no puede ejecutarse más que con sierra de cinta, aunque el acabado se realiza con electroportátil o con herramientas manuales tradicionales.

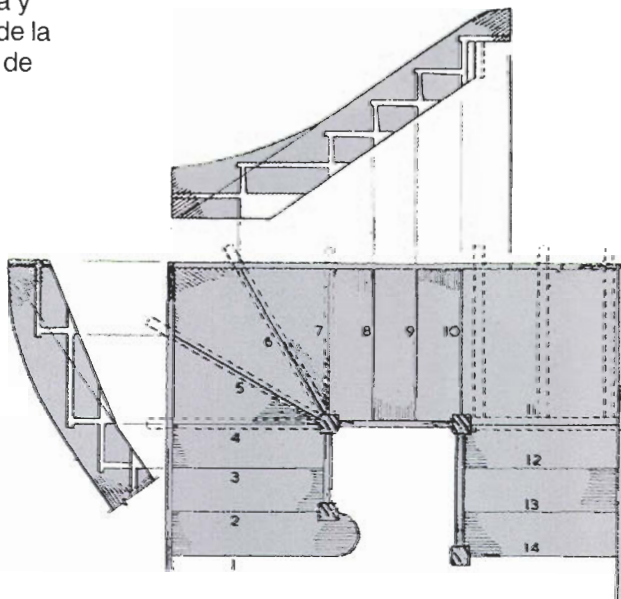
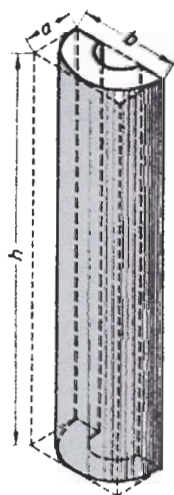
### Despiece de huellas y contrahuellas con plantillas

La orientación de la madera es importante y conviene recordar que el corazón del tablón debe estar orientado hacia la parte alta y colocado preferentemente en el perfil de la huella. Para las maderas continentales de

grueso escaso como el Roble, es bueno 'abrir' cada cachón por la mitad y tomar cada pieza alternativamente; este proceder permite obtener una continuidad en el aspecto de las huellas, donde los tabloncillos irían así unidos por el dorso.

La orientación de las contrahuellas es menos imperativa; en cualquier caso, como en las huellas, es deseable colocar el corazón mirando hacia el usuario.

El despiece de las huellas y contrahuellas rectas se realiza fácilmente con la ayuda de un programa de despiece. Por contra el de las trapezoidales o curvas es más complejo y es objeto de numerosas variantes, según la escala adoptada para el plano y los métodos del constructor.



### **Realización de ensambles en los elementos de la estructura**

El cajeadado y los diversos taladros se realizan con máquinas fijas o con ayuda de herramientas electroportátiles. Así las mortajas practicadas en los pilaretes o sobre los cantos de las zancas y los pasamanos, para ensamblaje de las barandillas, se realizan en principio con una escopleadora sobre la que se puede disponer un sistema de topes que permita tener en cuenta la inclinación de las piezas. Para los taladros, las máquinas electroportátiles, particularmente las manuales, son a menudo las preferidas porque limitan la manipulación de los elementos a moldear y presentan una gran flexibilidad de utilización.

La ejecución de espigas en los extremos de las zancas y los pasamanos puede, en razón de la forma o de las dimensiones de estos elementos, no ser interesante para la escopleadora; conviene entonces recurrir a otros modos de mecanizado. Por ejemplo una tupí equipada con una sierra circular para obtener las caras de las espigas y sus enrasas en un segundo momento con sierra de mano, electroportátil o con pantógrafo.

### **Despiece de cubillos**

El trazado de elementos curvos con la dirección vertical de las fibras parte del dibujo del desarrollo de la superficie exterior con las intersecciones de los peldaños de donde se obtiene la altura de la pieza de madera. La superficie de la sección transversal viene entonces dada por el rectángulo circunscrito a la planta de la pieza. Luego se saca el cilindro del hueco y se lleva la plantilla del desarrollo sobre la superficie exterior del cilindro y se señalan los bordes exteriores y las líneas de corte de intersección de los peldaños. Se realiza entonces el vaciado de los peldaños y las espigas.

### **Despieces de zancas curvas con fibras paralelas a la pendiente**

El trazado parte del desarrollo de la superficie exterior con las intersecciones de los peldaños y el alzado de la pieza. Se obtiene la longitud y la anchura de la madera circunscrita a la planta. Se emplean las plantillas flexibles o la superficies de intersección del cilindro hueco con la cara superior e inferior de la pieza. Para ello se abaten las caras sobre la planta. Se marcan sobre la superficie superior e inferior del madero las plantillas, se marcan las líneas y se dan los cortes que darán las caras frontales.

# Armado de la escalera

## Escaleras de madera maciza

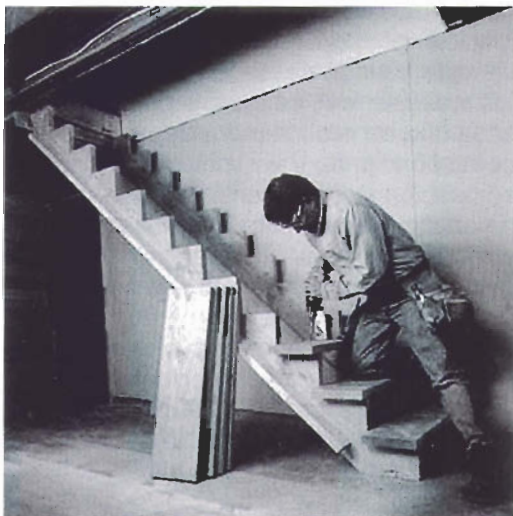
El armado de las escaleras se realiza con encolado de las espigas y su ajuste en las cajas correspondientes hasta que se seque la cola. Para producir presión y mantener las juntas en posición se emplean 'sargentos' como en otros elementos de carpintería. El ajuste de los bulones o pernos, el apriete de los tornillos y el clavado se realizan in situ, a diferencia del encolado que suele realizarse en taller.

### Premontaje

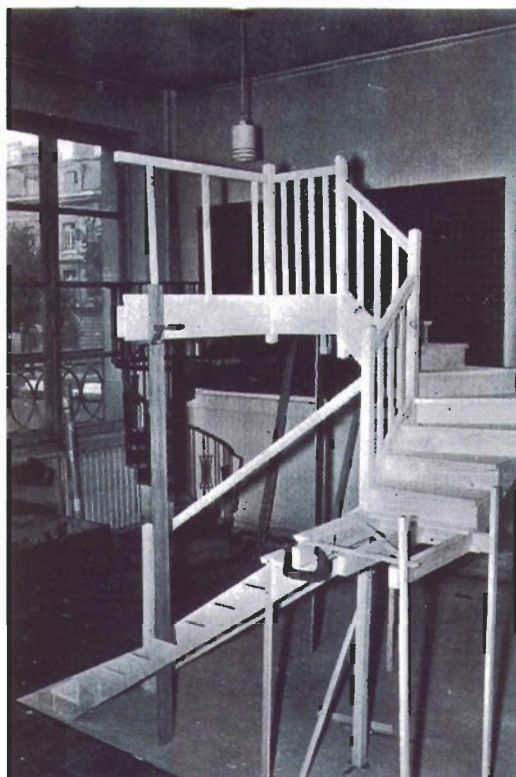
Se trata de una operación realizada en taller donde se arma la escalera total o parcialmente para poder verificar las formas y dimensiones, trazar determinados elementos imposibles de conocer a priori y efectuar los moldeados que exigen la yuxtaposición, superposición o ensamble de ciertas piezas. El ajuste de balaústres a las zancas y pasamanos, huellas y contrahuellas a la rampa y el montaje de la estructura pertenece en la mayoría de los casos a la instalación definitiva de la estructura.

### Montaje 'en blanco' de la estructura

Una vez realizados los diversos cortes y moldurados (ensambles, entalladuras, perfilado y determinados acabados) se inicia el montaje 'en blanco' de la rampa, es decir, el montaje provisional que permita separar las piezas. Si los ensambles se realizan con ayuda de pernos roscados o tirafondos, el montaje-desmontaje no presenta ningún problema. Por contra, las cajas y espigas conviene realizarlas después de ajustar los







diversos elementos de la rampa con clavijas metálicas especialmente concebidas para este fin, o con grapas, para que las marcas no sean visibles. Este montaje permite verificar la buena conformación de la estructura, así como el número total, la posición y la altura de los peldaños. Los medios de verificación varían en función del tipo de estudio adoptado. Por ejemplo cuando se dispone de abatimientos a escala real, es posible colocar sobre cada uno de ellos la parte de rampa correspondiente, y ver inmediatamente la correlación existente entre los dos. A falta de abatimientos a escala real, se puede colocar cada parte de la rampa sobre el plano y verificar las alturas con ayuda de una regla larga (pértiga). Si se parte de un estudio a 1/10 es necesario recurrir a verificaciones métricas en las que los datos se obtienen por un simple cálculo o replanteos sobre el mismo plano.

### **Ajuste de los balaústres sobre zancas y pasamanos**

Después del montaje 'en blanco' de la estructura y la verificación, tanto de su forma como de sus cotas, los balaústres deben ajustarse en sus extremos a zancas y pasamanos, sobre todo cuando estos últimos elementos son curvos y no equidistantes: si el número y la posición de los balaústres son conocidos en este momento, su ocupación sobre la estructura varía en función de la inclinación y el mecanizado de las testas, ya sean espigas simples o embarbilladas.

Cuando los elementos de la rampa son rectos en planta, sólo varía el ángulo de las testas y el ajuste de los extremos es muy simple. Por contra, cuando existe curvatura de la rampa en planta, los balaústres presentan espigas curvas, cortándose a sierra y repasándose a formón. Si los balaústres son embarbillados, se deben preparar las entalladuras y después de montar 'en blanco' estos balaústres, con vistas a realizar algunos retoques de ajuste.

La menor variación en estos mecanizados entraña importantes defectos de ajuste. Por este motivo numerosos constructores levantan la rampa verticalmente asegurando así el aplomado de los balaústres.

### **Ajuste de huellas y contrahuellas sobre la rampa**

Esta operación consiste en dar a las entalladuras de la rampa su forma definitiva y después ajustar a estas entalladuras las huellas y contrahuellas, para anticiparse a las dificultades de la instalación definitiva. Unos colocan la rampa en horizontal sobre borriquetas o caballetes o sobre un banco. Otros la enderezan verticalmente sobre el plano, que sirve así de medio de control.

Cualquiera que sea el método adoptado, las huellas y contrahuellas se colocan en el sentido del remonte, ajustándolas contra la zanca en los huecos exactamente, para lo que habrá que rectificar éstas

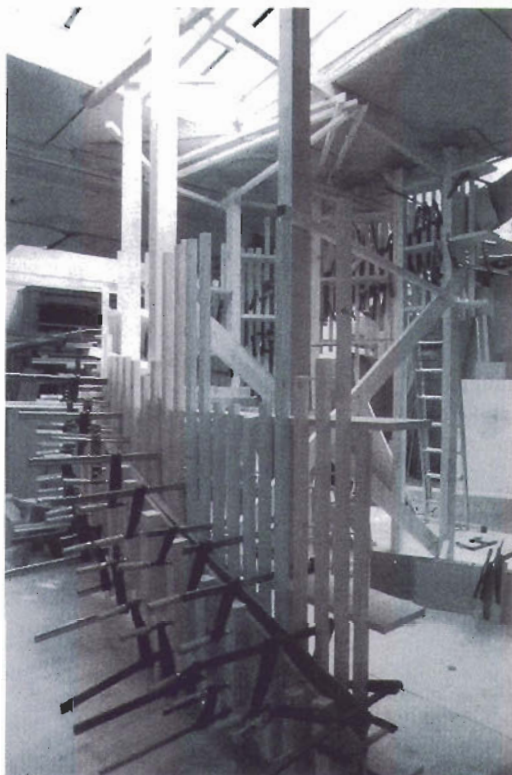
con formón y gubia. A medida que se acaban los cajeados, se encajan las huellas y contrahuellas, manteniéndolas con abrazaderas y un clavado provisional. Así poco a poco se va montando cada elemento, que sirve de apoyo a los siguientes. Si no se efectúa este montaje habrá que verificar la buena posición con regla, especialmente cuando se trate de peldaños compensados. Éstos deben comprobarse cuidadosamente en las transiciones de partes sucesivas.

Ciertos constructores realizan las entalladuras en huellas y contrahuellas sobre pilaretes y cubillos antes, y otros, por contra, las ejecutan en el momento del premontaje en taller, asegurándose así de la exactitud de los empalmes.

### Montaje definitivo de la estructura

Puede llevarse a cabo después de realizar las entalladuras necesarias para el ensamble de barandillas, el ajuste de huellas y contrahuellas en su cajeados respectivos y el acabado de las caras que sean inaccesibles en obra. Cuando la rampa se compone de muchas partes, su montaje se efectúa como subconjuntos premontados, que sean fácilmente transportables.

El montaje definitivo comprende el enclavijado y los otros sistemas de sujeción de las piezas, así como el empalme de los perfiles que atraviesan varios elementos (y que solo pueden ser realizados en el momento de encontrarse solidariamente unos con otros). La mayoría de los constructores terminan la rampa en taller pero algunos realizan un enclavijado provisional, o sin colocar las tapas en las cazoletas para tirafondos y pernos.



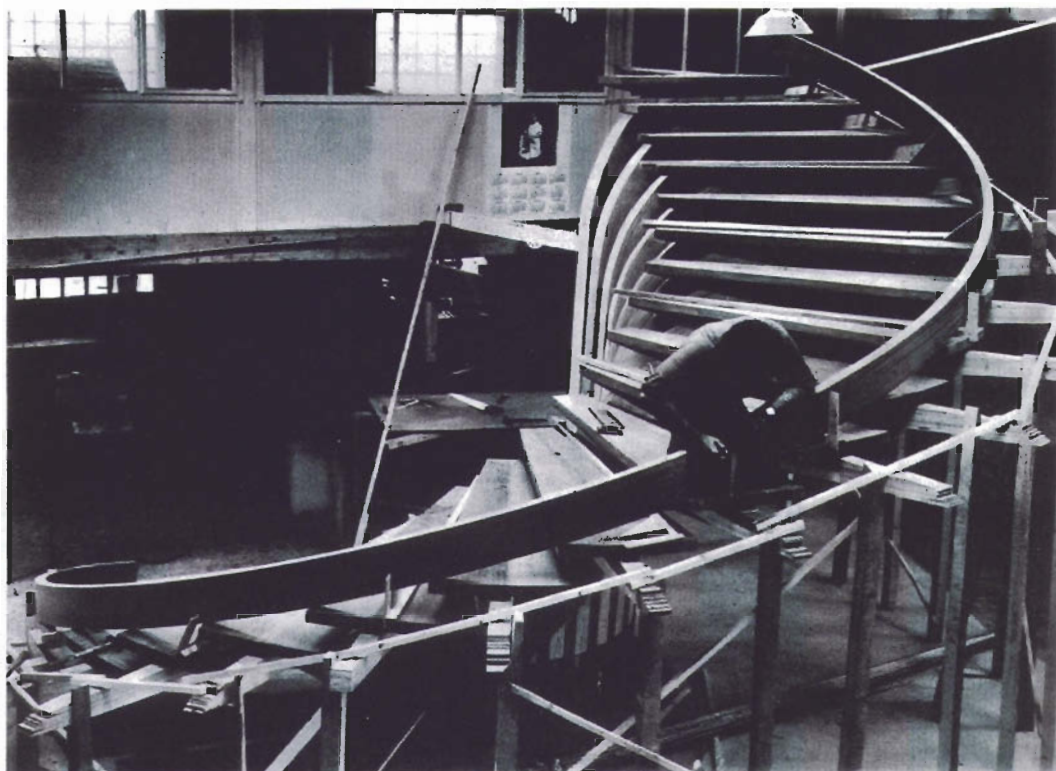
## Escaleras de madera laminada

Su mayor dificultad consiste en la preparación del camón de madera, su armado y encolado.

En primer lugar se ha de escoger la especie de madera y la cola a emplear. Cuando la madera está cepillada y encolada a presión se debe mantener a una temperatura de 15 a 25°C durante 8 horas a fin de acelerar el secado. Cuando los radios de curvatura son pequeños y se utilizan maderas duras (como el Fresno) deben dejarse los elementos bajo presión alrededor de 4 horas más.

### Presión

Las bridas de apriete deben repartirse adecuadamente para asegurar una presión uniforme sobre todo el elemento.



Su separación depende del espesor de las láminas de madera dentro de la composición del elemento: cuanto más delgadas sean, más juntas deben estar.

Cuando los elementos son curvos en planta o con generatrices perpendiculares a ésta y sección variable no ofrecen dificultades de construcción. Deben ajustarse a su forma y apretadas sobre moldes o camones apropiados, perfectamente rígidos y libres de defectos. A continuación se labra la madera.

### **Moldes o camones**

Cuando los elementos estructurales son rectos, su construcción no presenta ningún problema especial.

Las plantas circulares o curvas deben ser limpias, sin resaltes y las partes rectas se acomodarán a ellas según tangentes.

Los menores defectos en el molde se reproducirán sobre el elemento encolado, sobre todo si las láminas son delgadas.

Las bridas de apriete se repartirán también adecuadamente para asegurar una presión uniforme. Los camones se construyen en madera maciza (por ejemplo tablón) ensamblada en diversos espesores y sujetas entre sí con clavos, tornillos, pernos y cola hasta hacer un bloque indeformable. En principio, los moldes se dan por perdidos después del encolado del, o de los elementos de madera laminada; salvo en los moldes rectos, que siempre son recuperables.

Cuando los elementos son curvos en un mismo plano circular o con generatrices perpendiculares a ésta y sección constante tienen un proceso de construcción muy parecido y más fácil que los anteriores.

Cuando los elementos son de doble curvatura (en planta y alzado) la proyección ortogonal de la hélice trazada es una senoide o una representación gráfica de una función proveniente de puntos del círculo trigonométrico.



# Instalación de la escalera

## Levantamiento de la caja e instalación

### Hueco y condiciones de borde

En la mayoría de los casos el factor más determinante de la escalera es la caja, la cual no sólo impone su emplazamiento sino que limita su desarrollo y la cabezada. De hecho la elección de una forma particular de caja puede conducir a un agrandamiento o a una corrección de la forma.

Si el forjado es de hormigón conviene que esté concertada ya la solera y el falso techo.

El apoyo de las zancas en el forjado suele realizarse a través de una viga o de un brochal portante. Si no existe, la escalera será necesariamente autoportante.

Los problemas planteados por el hueco no conciernen solamente a su forma, sino también a los medios de anclaje. Por ejemplo una escalera de zanca central exige un anclaje más sólido que una zanca doble. Es preciso prever el anclaje desde el comienzo para dejar las esperas preparadas.

Además se deben tener en cuenta los demás elementos de la obra como los cruces de las rampas con huecos de puertas y ventanas.

### Medición

Los planes de ejecución tendrán presente a los otros oficios que puedan tener incidencia en el proyecto (albañilería, pintura, instalaciones, ...) así como las



posibilidades de acceso.

Lo primero que hay que hacer será la medición definitiva, la cual permitirá realizar el levantamiento, con especial atención al escuadrado de la planta, la planeidad y el aplomado de las paredes de la caja, incluyendo la posible diferencia de nivel entre el arranque de la escalera y la proyección vertical de su desembarco.

### Levantamiento y replanteo

Su indispensable precisión impone que sean realizadas in situ, pero el momento óptimo para realizarla depende del estado de la obra.

La toma de medidas es la primera etapa de la construcción de la escalera delimitando el espacio (superficie y volumen) que facilitará la redacción de un proyecto claro, fácilmente entendible por todos los que intervengan en la construcción.

La regla de altura, una pértiga de unos 3 m de largo por 2 x 10 cm de sección ha sido hasta hace poco el elemento de medida esencial y un medio útil de visualización, pero ha quedado prácticamente obsoleta por la cinta métrica, el teodolito y el cuaderno de replanteo. La plomada y el nivel resisten, por contra, los cambios, al igual que el cordel para trazar las líneas de nivel, la pendiente de la escalera y la ubicación de los anclajes.

En el caso de trazados curvos para el que se necesitan muchos puntos o líneas de referencia; la precaución obliga a tender uno o varios cables (alambres o cuerdas) desde el techo hasta el nivel inferior.

Para el levantamiento se recomienda papel milimetrado para trabajar a escala 1/10, precisión suficiente para representar los elementos constructivos, los desplomes y los marcos de puertas y ventanas. Junto al plano se acompañarán otros datos de interés como nombre del cliente, dirección de la construcción, dimensiones principales y comentarios sobre el estado de la obra. Cuando los marcos, el hueco u otros obstáculos puedan entorpecer el desarrollo de las rampas y zancas se



representará un alzado de las paredes en cuestión.

La primera cota y la más importante es la altura a salvar y permite al mismo tiempo medir el espesor del forjado donde desembarca la escalera.

Si los suelos no están acabados, la medición de la altura se realiza desde el nivel supuesto.

Si los suelos están acabados, el levantamiento se debe acompañar de la verificación de la cota de arranque en relación al desembarco y al descansillo, lo que permitirá conocer la altura real comprendida entre la base del pilarote de arranque y la cara superior de la plaqueta de llegada.

La etapa siguiente es la medida de la caja: distancia de la viga principal al muro enfrentado y ancho (o largo) del hueco, para determinar la cabezada.

Las dimensiones del hueco son las de la caja pero es necesario comprobar que éstas no varían con la altura: controlar el aplomado de cada parte del muro y su planeidad llevando las diferencias sobre el plano, modificando en consecuencia

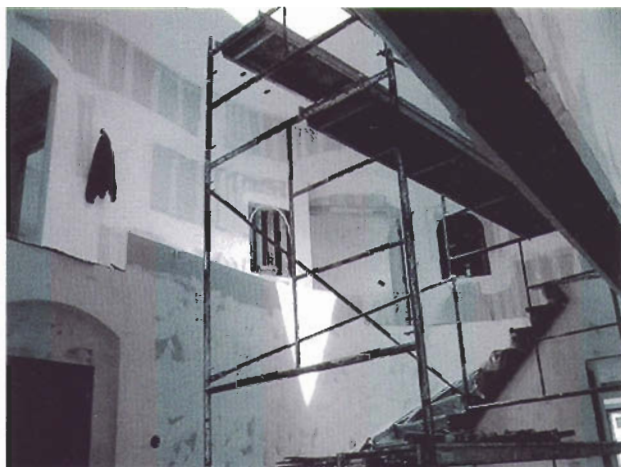




las dimensiones del hueco o anotarlas simplemente sobre el plano. Los problemas de aplomado y planeidad no son los únicos que influyen en las dimensiones de la obra. Hace falta igualmente medir, por triangulación, las esquinas de la caja, en particular la esquina donde se colocará el retorno y el que forman la viga maestra y su muro adyacente.

### **Levantamiento de una caja curvilínea**

El levantamiento de partes curvas no se puede realizar por triangulación sino descomponiendo cada línea curva en arcos, midiendo después la distancia de cada extremo de estos arcos a una recta de referencia. Cuanto mayor sea la precisión requerida, los puntos tomados deben ser más numerosos. Al ejecutar el plano, basta volver a marcar esos puntos y unirlos con un arco continuo. En cualquier caso el procedimiento es relativamente fastidioso, por eso es preferible utilizar tableros recortados



marcando con un compás que se desplaza por el perfil del muro. Se reconstruyen después en taller colocándolos en su posición original, gracias a ciertos puntos de señalización marcados en los tableros.

### **Levantamiento de una caja en varios niveles**

Este levantamiento necesita una o varias marcas porque es corriente que las vigas principales no se alineen perfectamente. La mejor solución consiste en descolgar del techo uno o varios cables lastrados que servirán de base para la triangulación y levantamientos necesarios. Si las paredes están bien aplomadas se trazan sobre ellas uno o varios trazos verticales que cumplirán el mismo papel.

### **Levantamiento de una escalera preexistente**

Puede darse este caso cuando se necesita revestir una escalera de obra con madera, o para colocar una barandilla o un pasamanos sobre otro elemento preexistente.

Si es una escalera con elementos rectos en planta, el problema consiste en trazar sobre la rampa y sobre las paredes de la caja, una línea inclinada donde se revele la pendiente por triangulación, por ejemplo. A partir de ella se puede medir la posición de los perfiles de los peldaños tirando líneas a plomo y horizontales. Las



características de los peldaños son entonces conocidas y se puede ejecutar el plano.

Por el contrario cuando la planta presenta una curva en planta es necesario poseer puntos de referencia en las dos direcciones (vertical y horizontal). Así, sobre un tablero colocado horizontalmente se proyecta punto por punto el elemento considerado con la ayuda de una ploma-

da, tomando nota de la altura de cada punto en relación al tablero. Este trabajo es bastante largo pero permite efectuar el plano con precisión y cortar la madera después en las mejores condiciones posibles.

Tipos de instalación

Hay que distinguir entre caja clásica de doble zanca y la que tiene elementos en voladizo.

## La instalación clásica

Consiste en apoyar todos o sólo ciertos elementos de la estructura contra las paredes de la caja y erigir una rampa en el centro.

### Levantamiento de la estructura

Normalmente se deja la zanca central (recta, con varios tramos curvos o curva) en medio de la caja, manualmente o con algún medio mecánico. Se apoya en el suelo y se sujeta al descansillo de planta, soportada temporalmente con puntales. Antes de fijar las cremalleras contra las paredes de la caja hay que determinar su nivel respecto a la zanca central, después preparar los taladros necesarios para los empotramientos o el lugar de los rastreles de apoyo o tacos. Si éstos van empotrados hay que marcar su posición antes de fijar las cremalleras. Éstas, una vez ajustadas y posicionadas, se enlazan con la estructura central, lo que consigue rigidizar el conjunto tras colocar huellas y contrahuellas.

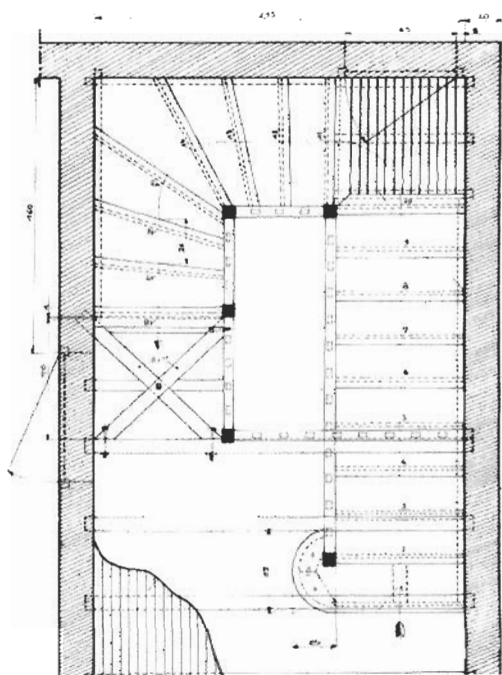
### Colocación de huellas y contrahuellas

El levantamiento de la estructura difiere poco de un constructor a otro, pero el corte y la colocación de huellas y contrahuellas presentan variantes importantes. Por ejemplo si las contrahuellas no llevan más que un ranurado en la parte baja pueden ajustarse y colocarse antes de las huellas y servir de tirantes de la

estructura, pero otros constructores prefieren poner las contrahuellas después de las huellas, asegurando así la durabilidad de las juntas a lo largo del tiempo. Independientemente del método escogido, la colocación se efectúa siempre de abajo arriba. Cuando el primer peldaño es macizo y de forma especial, se coloca al final y la operación comienza por la puesta de la segunda contrahuella, que sirve de referencia a los instrumentos de medida y plantillas.

El segundo levantamiento puede efectuarse con ayuda de instrumentos ordinarios (transportador, reglas, metro, etc.), pero puede hacerse también con un instrumento deslizante que combina las características de una escuadra y una regla, permitiendo levantar las huellas, tomando la cara de la contrahuella como referencia, lo que evita errores. El levantamiento de los peldaños de esquina es más delicado y exige un mínimo de verificaciones. Cuando el corte y el ajuste último de contrahuellas y contrahuellas tiene lugar en obra se utilizan preferentemente herramientas electroportátiles (sierra circular o cepillo). A medida que se van montando huellas y contrahuellas es conveniente confiar la colocación a un equipo de dos hombres, uno se encarga de la preparación de los elementos y otro de su puesta en obra.

Una vez que se han colocado huellas y

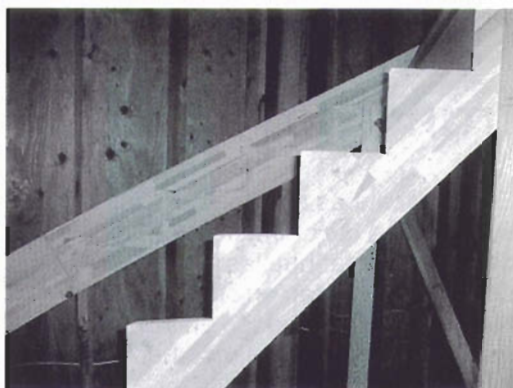


contrahuellas y después del montaje de revestimientos y posibles barandillas, se procede a la fijación definitiva a la estructura, por ensamble o por atornillado.

### Ajuste de los rodapiés

Su colocación es una etapa importante. Como regla general se efectúa primero el corte longitudinal de cada elemento. Se colocan a continuación contra la pared de la caja y sobre las huellas, abrazando el perfil del peldañado.

El trazado y corte de rodapiés debe realizarse con una precisión tal que excluya retoques, siempre difíciles y costosos. Las partes horizontales que deben situarse sobre las huellas se trazan con compás, lo que permite trasladar sobre los rodapiés, las posibles deformaciones de cada peldaño. Para las contrahuellas se puede emplear una pequeña plantilla provista de un borde delgado y que una vez aplomado, reproduce la posición de cada contrahuella; en cualquier caso, si se constata un defecto de verticalidad, se levanta con compás y se toma en cuenta cuando se trazan los



rodapiés. La posición extrema del perfil del peldaño viene definida entonces por las líneas de aplomado, después de que se ha definido el contorno (el mejor método consiste en utilizar los desplomes, que tendrá sentido numerar durante el corte en longitud de las huellas). La línea superior de cada rodapié se determina a continuación por compases cuyo radio, de 8 a 10 cm, debe permitir un enlace con el rodapié de descansillo. Este desfase se resuelve la mayoría de las veces cortando con serrucho. Para los remates del contraperfil del peldañado se emplean escofinas, gubias y formones.

Según sea el acabado de los rodapiés, difiere su método de fijación a las paredes. Se puede clavar, en huellas y paredes, atornillar o enclavijar. Si aparece un juego entre la pared y el rodapié se puede introducir un relleno.



## Colocación de una escalera a la francesa

En las escaleras a la francesa, las zancas sustituyen a las cremalleras y su colocación es distinta: huellas y contrahuellas se cortan y ajustan en sus entalles respectivos limitándose en obra a reproducir el montaje en blanco hecho en el taller.

Se comienza por armar las zancas, fijándolas en entalladuras que quedan ocultas. Partiendo de abajo, se procede a continuación al montaje del tramo, comenzando por ajustar bien la horizontalidad del primer peldaño. Sobre esta base, las contrahuellas y huellas siguientes son a su vez introducidas en las entalladuras de las zancas y se mantienen unas contra otras con puntas a medio clavar. El conjunto así formado es autoportante hasta el punto de que el constructor puede subirse sobre él para continuar el encajado de la rampa, a excepción del peldaño de llegada, que se coloca normalmente después del montaje completo de la rampa, y que exige, por ello, un entallado de testa de la zanca colocada contra la pared. Una vez terminado un tramo se trata de cerrarlo contra el siguiente, estando

todavía libres los extremos de estas huellas y contrahuellas, y convenientemente mecanizados para facilitar su ensamblado. Esta operación se realiza actualmente con el empleo de pernos roscados, de 8 a 10 mm de diámetro, que sirven de elementos de cierre y ajuste de las zancas enfrentadas. Los pernos son cortados libremente, y las tuercas, alojadas en cazoletas, se disimulan con tapas torneadas.

Si la rampa es pesada, y por seguridad, es bueno que exista un sistema de apuntalamiento temporal.

Para la segunda parte de la rampa se procede de la misma manera que en la primera, comenzando por encajar el elemento vertical, después ajustando el tramo con ayuda de tuercas y pernos roscados.

Se termina la colocación en obra por la fijación del forro y de la balaustrada del descansillo.

En algunos lugares la rampa es primeramente inclinada; después se encajan los peldaños de doble vuelta y finalmente se endereza progresivamente con la ayuda de pernos roscados que ejercen una tracción sobre su parte central.

## Colocación de una escalera en voladizo

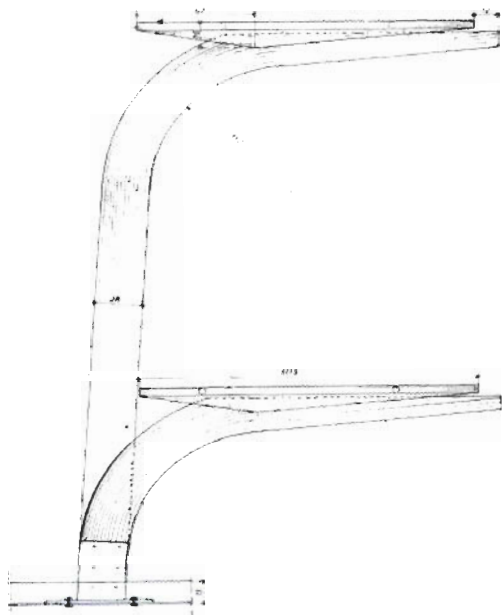
En ausencia de caja, la estructura debe ser estudiada con detalle, en especial la fijación de los anclajes en el desembarco y en el arranque en los forjados. Por eso, ciertos elementos portantes o de refuerzo deben integrarse previamente en obra con las esperas o huecos para el empotramiento correspondientes. Una estructura de este tipo suele tener

una envergadura y peso notable, lo que exige medios mecánicos de elevación y colocación.

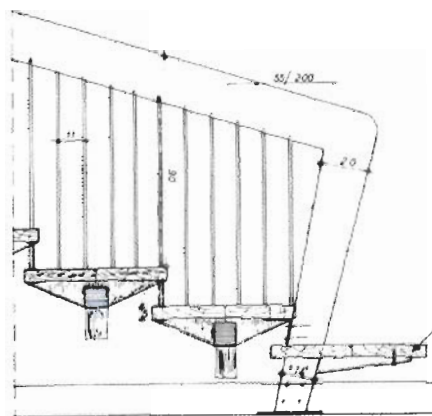
Su forma puede tener una pendiente que haga delicado su transporte y colocación por lo que la seguridad debe ser tenida particularmente en cuenta.

Los elementos de anclaje, cuyo fin es





repartir las cargas, suelen constar de una placa horizontal donde la zanca se atornilla. Sobre la parte saliente de estos elementos es donde van soldados los palastros que reciben, atornillados, los extremos de los elementos correspondientes de la estructura.

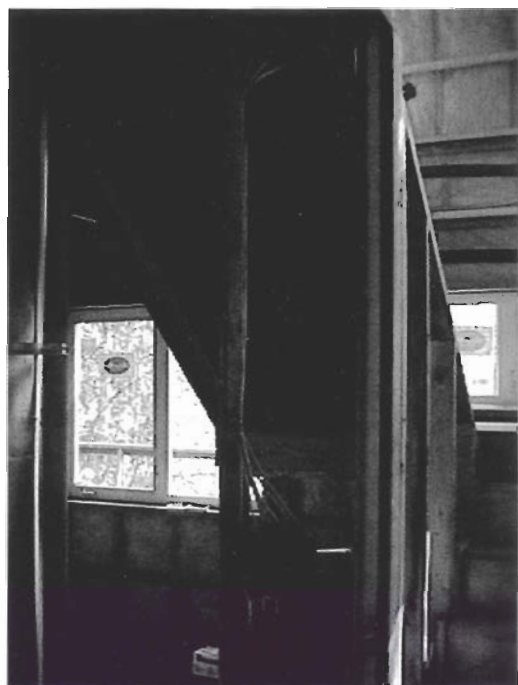


En cuanto a la colocación propiamente dicha, presenta algunos problemas en razón tanto de la altura de la caja como del peso y la forma de estos elementos. Deben utilizarse medios mecánicos de elevación. Para el posicionamiento temporal, algunos constructores utilizan un zoquete encolado en determinados puntos, lo cual facilita mucho el encajado de los elementos. Cuando se ha efectuado un último reglaje de su posición, pueden realizarse las soldaduras que deben ligar definitivamente la estructura.

## Colocación de escaleras en entramados ligeros

Las zancas deben asegurarse inferior y superiormente. Esto significa que los conectores deben prevenir cualquier movimiento vertical u horizontal. En el arranque, la zanca debe descansar en el forjado inferior asegurando su inmovilidad mediante un durmiente o un angular anclado en una solera (cimentación) o en una doble vigueta (planta intermedia). En el desembarque se utilizarán herrajes de cuelgue clavados al brochal, formado

por doble una vigueta que recibe la zanca. A veces no existe espacio para herrajes de cuelgue, siendo recomendable otros sistemas (postes intermedios, etc.) El hueco de escalera se forma doblando las viguetas de arranque y desembarco o introduciendo un brochal intermedio también doble.



# Materiales

## La madera

La madera presenta diferencias de veta, comportamiento y durabilidad.

Algunas especies tienen una resistencia y una ligereza apreciables, otras, gracias a su crecimiento rápido, tienen sus anillos espaciados y dan un veteado muy decorativo. Otras variedades se emplean para el aplacado o en labores de ebanistería o tallado de diversas piezas y requieren menores secciones.

### Frondosas

#### El Roble

Entre todas las especies comerciales, el Roble es el más empleado en escaleras. Cuando las secciones son importantes, da a la obra un aspecto sólido pero también rústico.

El Roble, que fue prácticamente la madera de construcción desde el siglo XV sigue teniendo un lugar privilegiado en las obras de calidad, pero requiere un despiece especial que elimine la albura. El empleo de piezas antiguas de esta madera, es una solución interesante por estar ya curada, aunque también tiene sus inconvenientes por las fendas, huecos de clavos, etc.

#### Castaño, Fresno, Olmo y Haya, tres especies muy utilizadas localmente

El Castaño, blando para las huellas, presenta a veces acebolladuras y fendas que conviene eliminar antes del despiece.

El Fresno y el Olmo ofrecen casi las mismas posibilidades que el Roble pero su empleo es más restringido.

El Fresno, muy resiliente, puede considerarse una de las raras especies nativas europeas que produce una madera dura y de color claro, ligera y resistente.

El Olmo, muy decorativo por su veteado,



es frecuentemente utilizado por su aspecto, pero exige ciertas precauciones, como la eliminación de defectos y la vigilancia ante el 'colapso' en el secado al que es propenso esta madera. Por otro lado cuando ciertos elementos deben encolarse: conviene vigilar su grado de humedad recurriendo, cuando sea necesario, al secado artificial. Atendiendo a su carácter nervioso es conveniente que se deje estabilizar un tiempo después de su despiece.

El Haya es una madera dura y resistente con un comportamiento similar al Fresno. Se utiliza siempre que esté suficientemente curada o secada en cámara, lo que reduce los riesgos de deformación. Su veteado es menos rico que las especies precedentes pero su aptitud para ser trabajada la hace muy apreciada en



elementos esculpidos. Debe, sin embargo, ser tratada contra insectos xilófagos.

### **Resinosas**

La mayor parte de las resinosas (píceas, Pino silvestre y marítimo) son, en principio, un poco blandas para escaleras; sin embargo se integran agradablemente en las arquitecturas regionales donde se producen. Deben emplearse en grandes secciones para reducir su desgaste y mejorar su estabilidad al fuego. Por este motivo la mayoría de estas escaleras se revisten con falso techo de escayola.

Para mejorar la resistencia de las huellas se prevén a veces elementos añadidos de maderas duras en los que el tinte, juiciosamente empleado, produce un efecto decorativo interesante.

El Alerce, un poco nervioso, y el pino Oregón son apreciados por su durabilidad y aspecto tornasolado.

El Pino silvestre y el Pino marítimo constituyen excelentes materiales, bastante blandos pero resistentes y convienen especialmente en piezas de elementos portantes de grandes dimensiones como las zancas. Su despiece es fácil, pero la presentación de caras, difícil, por lo que se acude al encolado de piezas suplementarias. Para aumentar su resistencia también se pueden incorporar piezas de especies duras (por ejemplo en el vuelo del peldaño), pero esto complica la operación de despiece.

### **Maderas finas**

Las maderas más nobles tienen un lugar importante en las escaleras.

El Nogal se emplea poco, a pesar de la finura y belleza de su veteado, por su coste prohibitivo, el cual incita a los prescriptores a elegir especies alternativas.

Se emplea muy raramente en la construcción de escaleras salvo en determinadas partes que presenten un aspecto 'amueblante' de la escalera, como forros, etc.

Debido a su alto precio, su colocación debe decidirse tras un detallado estudio previo.

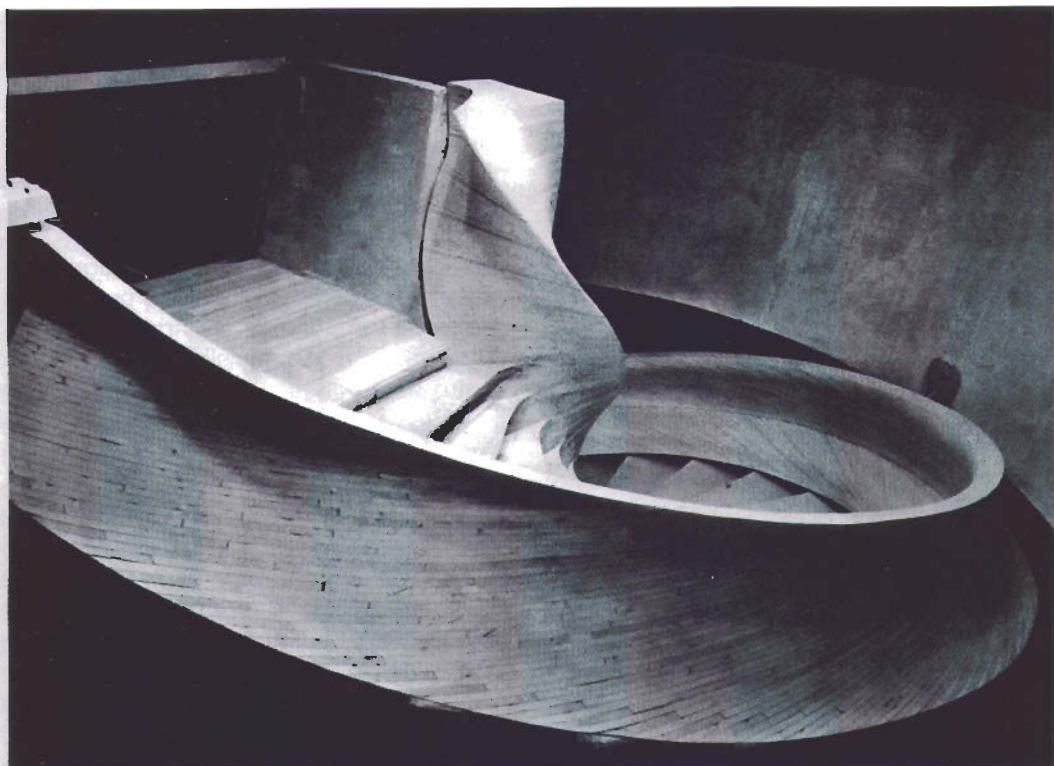
Entre las especies tropicales más duras destacan el Iroko, sucedáneo de la Teca, el Kotibé, el Sipo y el Acajou -un poco blando para huellas-. El Niangón y el Makoré son destacables por sus veteados. Algunas de estas especies tienen limitaciones de explotación pero, si duda, serán sustituidas por otras tropicales muy similares. El recurso de especies tintadas multiplican las posibilidades de integración.

Las maderas tropicales de durabilidad media como el Acajou de Africa, el Aningre, el Framiré, el Kotibé, el Moabi, el Movingui, el Niangón y el Sipo son de empleo corriente en escaleras y tienen un despiece fácil y rápido en razón de sus importantes escuadrías lo que no sólo evita el encolado sino que se prestan a su yuxtaposición en huellas, cremalleras y zancas. Todas estas maderas, una vez cortadas debe vigilarse para evitar el 'olpe de vient' que puede comprometer muy seriamente la solidez de los elementos. Conviene destacar especialmente el Iroko y el Doussié, dos maderas duras, particularmente indicadas para peldaños macizos (siendo la segunda destacable por su escasa retracción).

### **Elección de la madera en función del encolado**

Para obtener mayores volúmenes de madera muchas veces se opta por encolar varios perfiles, seleccionados en función del veteado y su comportamiento al encolado; de ahí la importancia del secado de la madera.

Las especies duras son las más empleadas en peldaños o en barandillas en forma de chapa laminada. Por ejemplo el Abeto que es preferible al Roble, tanto por su mejor aprovechamiento como por su buen comportamiento al encolado, sufre por desgracia fuertes variaciones dimensionales y tiene escasa resistencia



al desgaste lo que obliga a revestirlo en las huellas con un chapado grueso de madera más resistente o a añadir una plaqueta antideslizante en el vuelo.

El encolado de la chapa se debe realizar sobre soportes inertes (tableros contra-chapados, enlatados, etc.) utilizando chapas de 3 a 5 mm de espesor.

Las ventajas de esta técnica son apreciables: la retracción de la madera es casi nula; las fijaciones pueden quedar ocultas por la tapa; los veteados y tintados de las chapas son más fáciles de aparejar que en madera maciza. Aunque sus inconvenientes también son notorios: su escasa resistencia al desgaste, sólo evitable revistiéndola de moqueta o colocando un vuelo más duro.

El moldurado y el encolado de cantos se efectúan solamente sobre zancas rectas. Las especies destinadas a madera laminada deben permitir realizar zancas de gran envergadura y los principales criterios de elección son la reacción al encola-

do, los largos disponibles de madera y la posibilidad de obtener láminas cepilladas delgadas. La compatibilidad de las diferentes colas existentes en el mercado debe controlarse, al igual que el secado. Las láminas interiores pueden ser de especies de menos calidad.

Si la madera no requiere una gran resistencia mecánica, por ejemplo en piezas no flexionadas ni torsionadas, con fuertes fijaciones o ensambles indeformables, se pueden emplear especies 'blandas' como el Abeto o el Dibetou (el llamado 'nogal africano') con resistencias mecánicas en torno a  $60 \text{ Kg/cm}^2$ .

Si los elementos trabajan a flexión o a torsión hay que ir a maderas de resistencia en torno a los  $100 \text{ kg/cm}^2$  como el Fresno.

Por otro lado si los elementos constitutivos tienen fuertes curvaturas (a partir de 1,5 m) podrá servir el Abeto. Para pequeños radios de curvatura (a partir de 0,30 m) el Fresno se impone con autoridad

porque se curva fácilmente. Puede aumentarse la flexibilidad a través de vapor o acortando la dimensión de las piezas. Se pueden obtener por ejemplo, radios de 10 cm empleando planchas de 30 cm de ancho y 4 cm de espesor.

El Fresno es una madera noble, de bonito aspecto que trabaja bien y si se pule bien da una buena calidad de acabado. El Abeto nórdico, el Dibetou y el Fresno se encolan muy bien con resorcina pura aunque este último necesita una mayor presión y temperatura (hay que esperar a los 35º). La resorcina es una cola de buena resistencia mecánica pero requiere aplicarla en taller con una temperatura constante superior a 15º C, y la madera debe estar 48 horas antes para equilibrarse (sin variaciones higrotérmicas superiores al 2%).

### **En función de los diferentes elementos**

La colocación de los diferentes elementos de la escalera responde a necesidades de orden técnico y estético algunas de las cuales ya se han comentado en otros apartados.

Así cuando se orienta el corazón de la madera en el borde del peldaño ésta tiende a moverse hacia arriba, con lo que las huellas mejoran de aspecto y resistencia.

En las contrahuellas el criterio es distinto porque se valora más el aspecto de la cara, por ser más visible al subir; por eso se emplea el Roble en corte 'sobre malla'. En las zancas, el corazón de la madera se orienta hacia el hueco, y permitir realizar rebajes para encajar las contrahuellas en la cara menos vistosa de la pieza.

Se trata en definitiva de salvar la cara de los elementos macizos más representativos en cuanto a nudos, fendas y defectos en general. En los pasamanos se proscriben especialmente cualquier tipo de defecto ya que la palma de la mano debe

deslizarse sin obstáculos. Por eso el Nogal o el Acajou, que se distinguen por la finura de su grano, son las especies preferidas para el remate de las barandillas de hierro. Las piezas del pasamanos pueden obtenerse de partes curvas ya que la longitud de las piezas es limitada y las especies, caras.

En pilaretes y balaustres no se admiten nudos ni defectos importantes por su riesgo de romperse o astillarse siendo como son elementos visibles en sus cuatro caras.

## **Materiales conexos**

El empleo del hierro forjado tiene grandes posibilidades decorativas como atestigua el análisis histórico realizado, pero están escasamente explotadas en nuestros días lo mismo que el latón, el aluminio o el acero inoxidable que se emplean especialmente en escaleras suspendidas. Los paneles termoplásticos transparentes ofrecen una seguridad adecuada permitiendo aligerar mucho las barandillas tanto en sentido propio como en el figurado, aunque su mayor inconveniente es su fragilidad y facilidad de rayado. El vidrio templado se emplea igualmente pese a que es más pesado y su corte y curvado son complicados. En las escaleras de caracol, en particular los materiales transparentes, tienen el interés de acen-tuar el desequilibrio de líneas de la espiral ascendente del tramo.

Los espejos se deben evitar, al menos en las superficies interiores de las barandillas ya que constituyen un peligro para el usuario al modificar la percepción de los volúmenes, aparte de que es difícil de replantear exactamente su orientación, especialmente en las curvas.



# Normas

## Normas internacionales

El Comité Europeo de Normalización-CEN tiene en funcionamiento dos comités que se ocupan de las escaleras. Los CEN-TC 175 y 229 que han estado activos en los campos de terminología y clasificación de escaleras.

Por otro lado existe un grupo de trabajo EOTA sobre escaleras prefabricadas destinadas a la certificación europea CE. Este grupo de trabajo está formado por siete países de la UE y algunos de la EFTA además de diversos países del Este de Europa.

La patronal de la madera europea -CEI Bois- también ha estado presente en él por lo que se entiende que la industria se ha encontrado representada en sus trabajos.

Este grupo EOTA ha publicado un documento relativo a escaleras de madera prefabricadas. Se trata quizás del documento más completo sobre la materia

## Normas y Reglamentos particulares

### Normas sobre barandillas

La mayoría de las normas y códigos de construcción, recomiendan en las partes horizontales una altura de protección en torno a 1 m.

Se deben evitar estacionamientos precario a menos de 45 cm de altura sin protección.

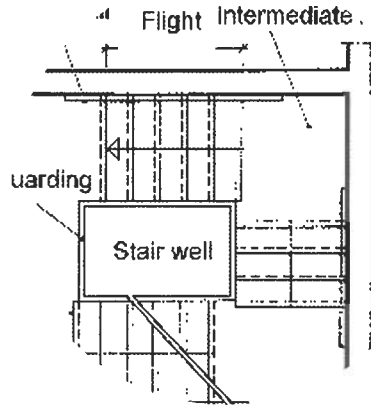
En tramos intermedios la altura normal de protección es de 90 cm a plomo desde el vuelo de los peldaños.

### Normas técnicas de calidad de las VPO de la Comunidad de Madrid

#### Barandillas y antepechos

Condiciones funcionales y constructivas

1 las barandillas y antepechos quedarán caracterizados por su función de defensa



contra la caída.

2 las soluciones constructivas de los elementos que compongan las barandillas y antepechos tendrán la adecuada estabilidad y resistencia frente a los esfuerzos previsibles.

3 las soluciones constructivas de los elementos que compongan las barandillas y antepechos tendrán la rigidez adecuada mediante los anclajes y arriostramientos necesarios.

4 estarán previstas las juntas de dilatación propias y el respeto de las estructuras del edificio.

5 el sistema de anclaje y el sellado del encuentro de la barandilla con el elemento donde se ancle, no originará penetración de agua ni corrosión de los anclajes.

6 Se preverá la adecuada protección de los materiales de la agresión ambiental y la compatibilidad de los materiales entre sí y con los materiales en los que se anclen.

7 las barandillas y antepechos no deberán tener aberturas de dimensiones mayores de 0,12 metros ni dispondrán de detalles que puedan ser escalables o representar filos peligrosos.

Disposiciones generales básicas

8 para la adecuada resistencia mecánica y estabilidad de las barandillas y antepe-

chos, en el proyecto y su ejecución, se tendrán en cuenta las acciones previsibles y particularmente las prescritas en la normativa y especialmente en la Norma Básica de la Edificación NBE-AE-88 Acciones en la Edificación, que se resumen a continuación:

En el borde superior se considerará una sobrecarga lineal actuando en sus bordes frontales de 200 kilogramos/metro y una sobrecarga horizontal actuando en su borde superior de 50 kilogramos/metro. (BOCM nº 160 de 8 de julio de 1998)

La norma tecnológica NTE-FDB Fachadas. Defensas: Barandillas alerta en el caso de las barandillas para protección de personas y objetos, del riesgo de caída en terrazas, balcones, azoteas, escaleras y locales interiores donde no se prevean grandes aglomeraciones (excepto en las barandillas de escaleras de emergencia)

### **Seguridad ante incendios**

En materia de seguridad ante incendios las escaleras deben permitir la evacuación de personas según el destino de los edificios.

En los edificios de viviendas:

- deben estar provistas en cada planta por una circulación horizontal
- no deben conducir ningún conducto, hueco, canalización, hueco de basuras, etc.
- deben desembocar directamente al exterior o en hall ampliamente ventilado.
- las paredes de la caja deben ser cortafuegos 1 hora o parallamas 2 horas
- deben llevar en su parte superior una ventilación de 1 m<sup>2</sup> o parallamas 2 horas
- deben llevar en su parte superior una ventilación de 1 m<sup>2</sup> de superficie horizontal
- los revestimientos deben ser incombustibles
- las puertas de descansillo tendrán un ancho mínimo de 0,80 m. Debe ser parallamas ½ hora, de cerrado automático y abrirse en el sentido de la huida

### **Aislamiento acústico**

Una de las pocas normas que se ocupa del aislamiento acústico de las escaleras es la DIN 4109 (1988) que propone un aislamiento al ruido de impacto de 17 dB pero, para que prácticamente no se oigan las pisadas, se requiere cerca de 25 dB. En edificios de viviendas con construcción tradicional se alcanzan estos valores fácilmente.

En escaleras de madera (normalmente viviendas unifamiliares) se suele cumplir también este requisito sin medidas especiales.

El aislamiento se suele lograr en estos casos doblando los tabiques medianeros con una separación que amortigüe el ruido entre forjados macizos. En definitiva, si se ejecuta adecuadamente la junta entre el muro medianero y el forjado no es necesario adoptar medidas especiales. Además el ruido de impacto se puede mejorar con:

- revestimientos textiles encima de los peldaños
- mediante anclaje de la escalera a la estructura del edificio que amortigüe los ruidos de impacto
- introducir capas de amortiguación acústica de caucho atornillados a los puntos de anclaje
- las maderas no han de ser demasiado delgadas y suficientemente secas

### **Medidas para las escaleras que crujen**

Los crujidos aparecen a menudo porque cede el apoyo entre la tabica y la huella. Esto se puede subsanar:

- atornillando las huellas y tabicas desde arriba
- colocando nuevas tabicas con un galce en la parte superior
- encolando y atornillando un listón debajo del canto anterior de las huellas, después de haberlas apuntalado

# Acabados

Dependiendo de su concepción más o menos independiente del espacio en el que se colocará, la escalera puede estar completamente acabada en taller o bien acabarse in situ. Esta es la etapa que da lugar a más divergencias entre constructores, no sólo sobre el momento y lugar para efectuarlo sino sobre su naturaleza misma. Por otro lado las diferencias de sensibilidad son grandes dependiendo de que sean carpinteros o ebanistas: los primeros prefieren acabarla en obra y los segundos en taller.

## Acabado bruto con herramienta

Hay dos tipos de acabado en bruto con herramienta: el cepillado a la azuela y el cepillado con garlopa. El acabado con azuela goza de un cierto favor y presenta un real interés cuando se trata de obras con carácter antiguo o en rehabilitación, pero implica realizar el acabado con espíritu antiguo. Las escaleras de siglos pasados en las que muchas piezas están escuadradas y acabadas con azuela no tienen necesariamente un aspecto basto ni marcado por golpes dados al azar. Al contrario es un acabado que exige una gran habilidad y un útil perfectamente afilado.

Para su uso conviene seguir dos principios: primero, que en el trabajo de las superficies el corte escape siempre hacia la parte ya tallada, y segundo, que se escoja un modo de acción tal, que se produzca un cierto 'aparejo' de los golpes del útil.

El cepillado de garlopa conviene particularmente a las escaleras tradicionales en las que el carácter viene determinado con una cierta fuerza y una estructura simple. Este tipo de acabado permite, en efecto, obtener superficies uniformes sin esperar al lijado o al pulido. La marca del útil sobre la madera puede, de paso, ser modulada a voluntad por la utilización de un hierro más o menos redondo. Hoy se



prefiere sin embargo evitar el exceso que producirían superficies de aspecto demasiado artificial. Sin embargo, si se opta por un hierro redondo hace falta, como ocurre con la azuela, manejar el útil siguiendo una dirección principal (por ejemplo, en el sentido del hilo de la madera o en semitravés).

Si se quiere, por otra parte, hacer aparecer el relieve, la veta de la madera -especialmente en especies que se distinguen por la alternancia de vetas de diferentes durezas- se puede dar una mano con un cepillo en las superficies para levantar las vetas blandas. La limpieza con chorro de arena tiene el mismo efecto pero más pronunciado.

## Pulido

El pulido es, con mucho, el modo de acabado más practicado por los constructores en razón de su posible mecanizado y la rapidez de ejecución que de ella se deriva. Por otra parte, conviene particularmente a los elementos que presentan molduras, por ejemplo en pasamanos; las otras partes de la obra deben unificarse en consecuencia.

Salvo para las escaleras pintadas, es preferible servirse de una pulidora de banda, y trabajar en el sentido de la fibra de la madera, único medio de obtener un



pulido que resulte invisible.

La finura de la superficie, que depende del grosor de los granos de abrasivo empleado, debe determinarse en función de la especie y del tratamiento ulterior de la madera. De una manera general una madera homogénea, con grano cerrado y susceptible de tomar un bello brillo requiere un pulido fino; a la inversa, una madera cuyas vetas son fuertes y anchas admiten un pulido más basto. Por otro lado, la madera que se barniza debe presentar una superficie bien lisa, con el fin de limitar la carga de producto, en la medida en que se desee que los poros queden bien llenos. Para los otros tratamientos, la elección del grado de pulido es más libre, y se realiza en función de la especie utilizada. Cualquiera que sea la especie y la finura buscada, hay que considerar el pulido como una etapa a realizar en taller, destinada a perfeccionar las operaciones de cepillado y perfilado. El pulido debe por tanto combinar operaciones mecánicas y manuales. Lo más frecuente es que se ejecute en ese orden para obtener un buen empalme de las aristas y molduras con las superficies. Por contra, cuando ciertos elementos presentan un achaflanado o una moldura en cuarto de bóveda terminado por aristas vivas, es deseable el acabado completo del moldeado antes de realizar el pulido mecánico de las superficies importantes; el mismo problema se plantea con los rebajes y por el panelizado realizado por desfondamiento.

### **Tratamiento superficial de la madera**

Generalmente no los realiza el carpintero y consiste en tres sistemas: tintado, encerado, acabado al aceite o con un producto de impregnación.

#### **Tintado**

Las escaleras conservan en general el tono natural de la especie empleada. Sin embargo se puede reforzar ese tono respetando el aspecto inicial de la espe-



**Marca de azuela**

cie o cambiar por motivos decorativos. La elección del tinte (al agua, al disolvente, celulósico, etc.) depende del producto de acabado aplicado a continuación, el cual no debe diluir el tinte. Esta precaución, menos imperativa cuando se trabaja a pistola, viene a ser importante con la brocha, porque ésta realiza, por frotamiento, un lavado del tinte. En caso de duda sobre la compatibilidad de los productos se recomienda hacer un ensayo.

#### **Encerado**

Suele ser el sistema más empleado por los carpinteros. Su ejecución y su mantenimiento presentan la ventaja de ser simples. Para obtener un resultado satisfactorio es bueno prever dos capas de cera: la primera realizada en el taller viene seguida de un tiempo de secado y de un pincelado; la segunda, extendida después de la instalación de la escalera se lustra preferentemente con un trapo de lana o una brocha de plumas. El encerado conviene particularmente a ciertas maderas continentales europeas como el Roble, el Castaño o el Nogal, que son empleadas a menudo en parquet, muebles y carpintería interior.

#### **Barnizado**

Este tipo de acabado exige menos mante-



### Lijado

nimiento y obtiene superficies más resistentes que el encerado. Pero sus ventajas son relativas porque una superficie barnizada es más difícil de reparar que una encerada lo cual es apreciable especialmente en tramos más expuestos al rayado; en ciertos casos tiene interés no barnizar la estructura y tratar diferenciadamente huellas y contrahuellas (vigilando, en cualquier caso conservar la unidad de tono).

En la práctica, el acabado con barniz se presenta bajo dos aspectos: los que necesitan ser aplicados a brocha y los de pistola. Los segundos confieren una apariencia más agradable pero no pueden aplicarse correctamente más que en taller y no admiten retoques mientras están frescos, aunque secan rápidamente. Los primeros por el contrario son más lentos de secado pero se trabajan como las pinturas clásicas y son aplicables in situ, lo que facilita el mantenimiento ulterior. Se comprende así que el empleo de un barniz influye en la elección del modo de instalación ya que puede por su naturaleza impedir el ajuste de los elementos.

### Al aceite o con un producto de impregnación

En razón de su simplicidad, este acabado es apreciado por su forma de mantenimiento. Existen en el mercado los llamados 'aceites de teka' que están especial-



### Barnizado

mente concebidos para esta madera, pero que pueden aplicarse también al Olmo y a maderas exóticas grasas. Cuando se utiliza para este fin el aceite de lino al secante previamente calentado se debe enseguida proceder a un secado de las piezas a fin de eliminar el exceso de producto y eliminar el efecto capa; el empleo de una esponja poco cargada de aceite resuelve simultáneamente estos dos problemas. Como los aceites, los productos de impregnación son de fácil aplicación; además algunos son incoloros, otros son pigmentados y permiten realzar el tono natural de la madera o darle otra coloración. Pueden presentarse bajo la forma de un producto único o exigir en el momento del empleo, la mezcla de un pigmento y de un producto de acabado. En el plano práctico el tratamiento se realiza en dos tiempos: una o varias capas de producto son aplicadas en taller y protegen las piezas contra la humedad y la suciedad; después de la instalación, una capa final actúa como limpiadora y confiere a la obra el acabado deseado. Aunque satisfactorio, el resultado no es comparable al que logran las ceras y barnices; sin embargo el satinado así obtenido conserva en la madera su aspecto natural, que es muy apreciado.

# anexos



# normalización de puertas y ventanas

## ANTECEDENTES

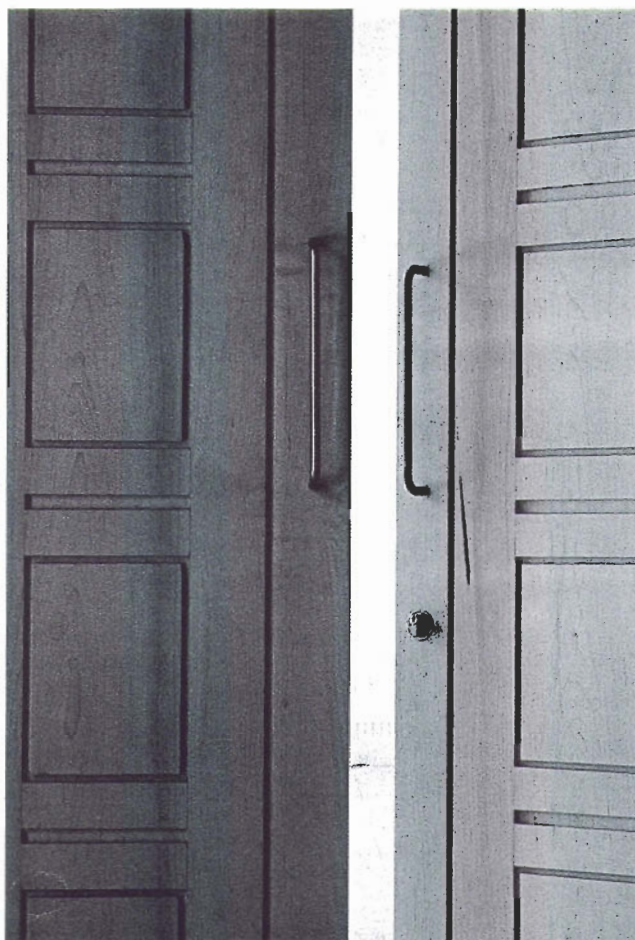
A comienzos de los años 70 se creó en el seno del Comité Europeo de Normalización un comité específico para la normalización de las puertas y ventanas: el CEN/TC 33. En su primera fase este Comité elaboró una serie de normas europeas (5 sobre ventanas y 11 sobre puertas) que se han mantenido hasta comienzos del año 2000 y que han sido desde entonces la base para el control de calidad de ambos elementos de cerramiento de huecos y el soporte para la concesión, mantenimiento y gestión de los distintos sellos de calidad que se han gestionado en España para estos productos (Sello INCE, Sellos de Calidad de AITIM y Marca AENOR).

A mediados de la década de los 80 los Estados Miembros de la entonces Comunidad Europea vieron la necesidad de agilizar los mecanismos legislativos con el doble objeto de prevenir y evitar las barreras técnicas en los intercambios comerciales intra comunitarios y crear un espacio europeo industrial con un cuerpo de normas técnicas armonizadas.

A finales de 1988 se aprobó la Directiva Europea de los Productos de la Construcción (Directiva 89/106 de 12 de diciembre de 1988) sobre aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre productos de la construcción.

En este contexto se potencia extraordinariamente el Comité Europeo de Normalización (CEN)

A finales de la década de los 80 se crearon o reactivaron varios Comités Europeos de Normalización relacionados con los transformados industriales de la madera y concretamente el CEN/TC 33, al que se encomendaron las siguientes misiones:



- Revisión de las normas europeas sobre puertas y ventanas editadas hasta entonces.
  - Establecimiento de un amplio programa de normalización sobre puertas y ventanas que desarrollara los requisitos esenciales de la Directiva de los Productos de la Construcción (seguridad de uso, ahorro energético, asilamiento térmico, aislamiento acústico etc).
  - Normalización de persianas, herrajes y accesorios que complementan la unidad de hueco de las puertas y ventanas.
  - Normalización de otros elementos del cerramiento de huecos cada vez más presentes en la edificación tales como los muros cortina y las puertas industriales, comerciales y de garaje.
- Para poder llevar a cabo este ingente trabajo, con un programa de normalización que incluye cerca de 130 proyectos, el CEN/TC 33 se ha dotado de una estructura con los siguientes grupos de trabajo:

- GT 1: Puertas
- GT 2: Ventanas
- GT 3: Persianas
- GT 4: Herrajes para la edificación
- GT 5: Puertas comerciales, industriales y de garaje.
- GT 6: Muros cortina.
- GT 7: Vidrio para la edificación
- GT 8: Vidrio estructural

### **Normas nacionales y europeas de puertas y ventanas**

El momento de la redacción y edición de este libro ha coincidido con un periodo de intenso trabajo de adopción de normas europeas. En muchos casos las normas europeas ya adoptadas complementan a las normas nacionales, en otros se solapan y en otros las anulan. No obstante el programa completo de normalización europea de puertas y ventanas está muy lejos de finalizarse, de tal forma que actualmente no se puede considerar completo y coherente ninguno de los

cuerpos normativos mencionados. Al redactar este capítulo se ha optado por relacionar todas las normas europeas aprobadas y los proyectos de norma en estado más avanzado de redacción. Es por esto que al analizar el contenido de algunas normas nacionales y europeas su objeto y campo de aplicación resulte iterativo. Cuando ha sido posible se ha llamado la atención sobre el proyecto de norma europea que anulará a una norma nacional.

A continuación se relacionan las normas o proyectos de norma europeos de puertas y ventanas. Se han agrupado de la forma siguiente:

- Grupo 1: Normas europeas comunes a puertas y a ventanas
- Grupo 2: Normas europeas de ventanas
- Grupo 3: Normas europeas de puertas
- Grupo 4: Normas nacionales de puertas
- Grupo 5: Normas nacionales de ventanas

Para cada grupo se relacionan los métodos de ensayo, las especificaciones y la clasificación, cuando procede.

Con cada documento se comenta sucintamente el contenido. Cuando se trata de una norma definitiva, traducida y adoptada como norma nacional figura con su número y las siglas UNE EN. Cuando se encuentra en fase de proyecto y ha sido ya sometida al procedimiento de información pública figura como pr EN. Cuando todavía no ha alcanzado esta fase figura con el número interno de trabajo asignado por el CEN/TC 33 durante la tramitación (pr 33XXX). Hay que llamar la atención sobre el hecho de que en el caso de las puertas, algunas normas se refieren exclusivamente a las propiedades de la hoja por separado y en otros a la unidad de hueco completa (cerco, hoja y herrajes).

A modo de clave de búsqueda o sistema de clasificación se presentan las normas, europeas proyectos y borradores de normas agrupados en la tabla siguiente:

## Sistema de clasificación de las normas europeas de puertas y ventanas

### Normas de puertas

### Normas de puertas y ventanas

### Normas de ventanas

#### Bloque 1: Requisitos de resistencia mecánica

#### Bloque 1: Propiedades básicas de cerramiento

#### Bloque 1: Requisitos de resistencia mecánica de las puertas y ventanas

Torsión estática EN 948	Ensayo de permeabilidad al aire EN 12207	Choque por cuerpo blando y pesado pr EN 13049
Carga vertical EN 947	Clasificación EN 1026	Carga vertical WI 33017
Choque por cuerpo duro EN 950	Ensayo de estanqueidad al agua EN 12208	Torsión estática WI 33148
Choque por cuerpo blando y pesado EN 949	Clasificación EN 102	Fuerzas de maniobra pr EN 12046-1
Clasificación de los requisitos de resistencia mecánica EN 1192	Ensayo de resistencia al viento EN 12211	Clasificación por resist. mecánica EN 13115
	Clasificación EN 12210	

#### Bloque 2: Requisitos de geometría y dimensiones

#### Bloque 2: Requisitos de durabilidad

#### Bloque 2: Requisitos de comportamiento climático

Medición de altura, anch, grosor, y esc EN 951  
 Tolerancias dimensionales EN 1529  
 Medición de planitud local y general EN 952  
 Tolerancias en planitud local y general EN 1530

Ensayo de apertura y cierre repetidos (durabilidad mecánica) EN 1191  
 Requisitos y clasificación pr EN 12400

Comportamiento bajo climas diferentes en cada cara ENV 13420

#### Bloque 3: Ensayos de comportamiento climático

#### Bloque 3: Ensayos de carpintería anti-efracción

Comportamiento bajo exposición a climas diferentes en cada cara EN 1121  
 Comportamiento en climas sucesivos y uniformes en ambas caras EN 1294  
 Requisitos y clasificación EN 12219

Ensayo de resist. bajo carga estática ENV 1628  
 Ensayo de resist. bajo carga dinámica ENV 1629  
 Ensayo de resist. a la efracción ENV 1630  
 Requisitos y clasificación ENV 1627

#### Bloque 4: Fuerzas de maniobra

#### Bloque 4: Ensayos de carpintería blindada

Medición de la fuerza de maniobra EN 12046-2  
 Clasificación EN 12217

Ensayo de resistencia a la bala EN 1523  
 Requisitos y clasificación EN 1522



# Normas europeas comunes a puertas y ventanas

## pr EN 12519 Puertas y ventanas - Terminología.

Recapitulación de los términos más usuales relacionados con las puertas y ventanas con sus equivalencias en los tres idiomas oficiales del CEN (inglés, francés y alemán). Incluye términos específicos de puertas y ventanas, medidas, componentes, tipos de secciones, y un anexo con los principales tipos de apertura y sus correspondientes esquemas normalizados.

## A) PROPIEDADES BÁSICAS DE CERRAMIENTO DE PUERTAS Y VENTANAS

### UNE EN 1026 Ventanas y puertas. Permeabilidad al aire. Método de ensayo.

Esta norma establece un método de ensayo para determinar la permeabilidad al aire de las puertas y ventanas. La permeabilidad al aire es la cantidad de aire que pasa por una puerta o ventana cerrados cuando son sometidos a una presión diferencial. La permeabilidad al aire se expresa en  $\text{m}^3/\text{h}$ .

### UNE EN 12207 Ventanas y puertas. Permeabilidad al aire. Clasificación

Se considera la permeabilidad al aire en función de la superficie total del elemento ensayado ( $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ ) y la permeabilidad al aire en función de los metros lineales de juntas de apertura ( $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}$ ). Se establecen las siguientes clases:

Permeabilidades al aire de referencia a 100 Pa y presiones máximas de ensayo relacionadas con la superficie total

Clase	Permeabilidad al aire de referencia a 100 Pa ( $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ )	Presión máxima de ensayo Pa
0	No ensayada	
1	50	150
2	27	300
3	9	600
4	3	600

Permeabilidades al aire de referencia a 100 Pa y presiones máximas de ensayo relacionadas con la longitud de juntas de apertura

Clase	Permeabilidad al aire ( $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}$ )	Presión máxima de ensayo Pa
0	No ensayada	
1	12,50	150
2	6,75	300
3	2,25	600
4	0,75	600

### UNE EN 1027 Ventanas y puertas. Estanqueidad al agua. Método de ensayo

Esta norma establece un método para determinar la estanqueidad al agua de las puertas y ventanas.

La estanqueidad al agua es la capacidad del elemento de carpintería para evitar la penetración de agua, entendiéndose por tal el humedecimiento continuo o repetido de la cara interior del elemento o de sus partes no diseñadas para ser mojadas

cuando el agua dreña hacia la cara exterior.

El fundamento del ensayo consiste en rociar la ventana o la puerta con agua mediante un dispositivo normalizado aplicando al mismo tiempo presiones dinámicas de aire progresivamente crecientes.

El ensayo contempla dos métodos de rociado A y B según el grado de exposición que el elemento ensayado va a tener una vez instalado. El método A es apropiado para elementos expuestos y el método B para elementos parcialmente protegidos (por ejemplo una ventana

retranqueada). El método aplicado tiene significación a la hora de clasificar la puerta o ventana.

### UNE EN 12208 Ventanas y puertas. Estanqueidad al agua. Clasificación.

Esta norma establece clases de estanqueidad al agua para las puertas y ventanas en función de los resultados del ensayo de estanqueidad al agua realizado según la norma UNE EN 1027.

En la tabla a continuación se indican las distintas clases en función del método de ensayo, la presión aplicada y la especificación correspondiente a cada clase.

Presión de ensayo $P_{max}$ en Pa	Clasificación		Especificación
	Método de ensayo A	Método de ensayo B	
-	0	0	Sin requisito
0	1A	1B	Rociado de agua 15 min
50	2A	2B	Clase 1 + 5 min
100	3A	3B	Clase 2 + 5 min
150	4A	4B	Clase 3 + 5 min
200	5A	5B	Clase 4 + 5 min
250	6A	6B	Clase 5 + 5 min
300	7A	7B	Clase 6 + 5 min
450	8A	-	Clase 7 + 5 min
600	9A	-	Clase 8 + 5 min
>600 (en escalones de 150 Pa)	Exxx	-	La duración de cada escalón será de 5 min

En el caso de que el elemento ensayado soporte una presión mayor a 600 pascales manteniéndose estanca se designará con la letra E seguida de la presión máxima alcanzada.

### UNE EN 12211 Ventanas y puertas. Resistencia al viento. Método de ensayo

Esta norma establece un método de ensayo para determinar la resistencia al viento de una puerta o ventana.

La acción del viento sobre las superficies de los elementos de cierre de huecos (acristalados o no) se transmite a los perfiles de las hojas y cercos de las puertas o ventanas.

El ensayo consta de 3 fases:

1) Ensayo de deformación: Se mide la deformación máxima alcanzada por el elemento más débil bajo una presión  $P_1$  positiva o negativa.

En función de la deformación alcanzada por el elemento más débil en este ensayo se establece la siguiente clasificación:

Clase	Flecha relativa frontal
A	< 1/150
B	< 1/300
C	> 1/300

2) Ensayo de presión repetida: Se somete a la carpintería a ciclos repetidos y alternados de presión positiva y negativa  $P_2$  y

se comprueba al final del ensayo que la muestra no presenta defectos. Se realiza el ensayo de permeabilidad al aire. El incremento de permeabilidad al aire debe ser menor o igual al 20 % respecto a la permeabilidad al aire previamente obtenida.

3) Ensayo de seguridad: Se somete a la carpintería a ciclos repetidos y alternados

de presión positiva y negativa P3 y se comprueba al final del ensayo que la muestra permanece cerrada y que no se han desprendido elementos.

En la tabla a continuación se relacionan las presiones P1, P2 y P3 de ensayo en función de la clase de resistencia al viento a la que se presenta el elemento de carpintería ensayado:

Clase de R. al viento a la que se presenta el elemento	Presión de ensayo aplicada		
	Ensayo de deformación P1	Ensayo de presión repetida P2	Ensayo de seguridad P3
0		No ensayada	
1	400	200	600
2	800	400	1200
3	1200	600	1800
4	1600	800	2400
5	2000	1000	3000
Exxx	xxx		

### UNE EN 12210 Ventanas y puertas. Resistencia al viento. Clasificación

Se establece un sistema clasificación en función de la clase de carga de viento aplicada en los ensayos (P1, P2 y P3) y de las prestaciones alcanzadas por el

elemento en cada ensayo. El nivel de presión a aplicar en los ensayos debe ser indicado previamente por el solicitante del ensayo.

El sistema de designación de las clases se recoge en la tabla siguiente:

Clase de carga de viento	Flecha relativa frontal (ensayo de deformación)		
	A	B	C
1	A1	B1	C1
2	A2	B2	C2
3	A3	B3	C3
4	A4	B4	C4
5	A5	B5	C5
Exxx	AExxx	BExxx	CExxx

Por ejemplo una ventana de la clase B4 garantiza las siguientes prestaciones:

- 1) Tiene una deformación máxima  $< 1/300$  con una presión de ensayo  $P1 = 1600$  Pa.
- 2) No presenta daños y se puede maniobrar correctamente después del ensayo de presión repetida a  $P2 = 800$  Pa
- 3) Permanece cerrada y no se desprende ningún elemento después de ensayo de seguridad a  $P3 = 2400$  Pa

### B) REQUISITOS DE DURABILIDAD

#### Pr EN 1191 Ventanas y puertas, resistencia a la apertura y cierre repetidos. Método de ensayo

Esta norma define un método de ensayo para determinar la resistencia de las partes móviles de la unidad de hueco de puerta o de ventana a la apertura y cierre repetidos.

Los resultados de ensayo se evalúan



mediante dos requisitos: el nº de ciclos de apertura y cierre aplicados al elemento de carpintería y la diferencia entre las fuerzas de maniobra antes y después del ensayo. No existe precedente de norma europea equivalente.

### **Pr EN 12400 Ventanas y puertas. Durabilidad mecánica. Requisitos y clasificación.**

Esta norma establece una clasificación para las puertas y ventanas en función de los resultados del ensayo de apertura y cierre repetidos según el pr EN 1191 ya signa unos niveles de uso establecidos. En el último borrador de esta norma se contemplaban las siguientes clases:

Clase	Número de ciclos	Nivel de uso asignado
<b>Niveles de especificación para puertas y ventanas</b>		
0	sin especificación	sin asignación
1	5.000	raro
2	10.000	ocasional
3	20.000	poco frecuente
4	50.000	moderado
<b>Niveles de especificación exclusivos de las puertas</b>		
5	100.000	frecuente
6	200.000	repetido
7	500.000	intenso
8	1.000.000	extremo

### **C) REQUISITOS DE RESISTENCIA A LA EFRACCIÓN**

El grupo de normas que sigue a continuación forma un conjunto coherente enfocado a la evaluación de la resistencia a la efracción (robo con forzamiento) de las puertas, ventanas y persianas. Este grupo de normas se ha redactado con carácter experimental ya que existe todavía poca experiencia a nivel europeo en cuanto a la implantación a nivel nacional y a la experiencia en la ejecución e interpretación de los ensayos.

#### **UNE ENV 1628 Ventanas puertas y persianas. Resistencia a la efracción. Método de ensayo para la determinación de la resistencia a la carga estática**

Describe un método de ensayo mediante el ataque con un pistón hidráulico sobre determinados puntos clave del elemento de cierre (zonas de anclaje a obra, cerra-

das, bisagras, carriles guía, zonas de bloqueo, esquinas libres etc). La resistencia se evalúa mediante la deformación que se produce en el punto opuesto al de carga.

#### **UNE ENV 1629 Ventanas, puertas y persianas. Resistencia a la efracción. Método de ensayo para la determinación de la resistencia bajo carga dinámica**

Describe un método de ensayo basado en el impacto dinámico con un cuerpo blando y pesado que golpea a modo de péndulo. Este test simula ataques físicos por ejemplo empuje con el hombro, patadas etc. El impacto se produce normalmente en las zonas de plafonadas o en el centro geométrico del elemento de cierre. La resistencia se evalúa por los daños producidos en el impacto.

**UNE ENV 1630 Método de ensayo para la determinación de la resistencia a los ataques de efracción manual**

Esta norma describe un método de ensayo para evaluar la resistencia al ataque con herramientas manuales que van desde juegos simples de destornilladores y cuñas hasta herramientas eléctricas de gran potencia (taladros, sierras radiales etc). El ataque se produce sobre zonas de cierre, partes móviles, herrajes etc. Contempla hasta seis grados de ataque de menor a mayor poder destructivo según el juego de herramientas elegido. El ensayo se evalúa mediante el tiempo de resistencia necesario para abrir en el elemento un orificio de características determinadas.

**UNE ENV 1627 Ventanas puertas y persianas. Resistencia a la efracción. Requisitos y clasificación**

Esta norma establece seis clases de resistencia para la carpintería resistente a la efracción, en función de los resultados alcanzados en los ensayos anteriores. También se establecen en esta norma los niveles de ensayo para aplicar en cada categoría.

**D) ENSAYOS DE CARPINTERÍA BLINDADA****UNE EN 1523 Ventanas, puertas, persianas y celosías. Resistencia a la bala. Método de ensayo**

Esta norma describe los requisitos generales bajo los que se deben llevar a cabo los ensayos de carpinterías blindadas (instalación de las probetas, selección de áreas de tiro, agrupamiento de los disparos, número de impactos, dirección, precisión etc), así como los criterios para interpretar correctamente los resultados de ensayo y la forma de redactar el informe.

**UNE EN 1522 Ventanas, puertas, persianas y celosías. Resistencia a la bala. Requisitos y clasificación**

Esta norma establece una clasificación de los elementos de carpintería en función de los resultados alcanzados en el ensayo según UNE EN 1523. Las clases se designan desde FB1 hasta FB7, de menor a mayor resistencia del blindaje respectivamente. Para cada clase de blindaje la norma establece el tipo de arma, calibre, características del proyectil, distancia de ensayo y velocidad.

# Normas europeas de ventanas

## A) REQUISITOS DE RESISTENCIA MECÁNICA

### WI 33.017 Ventanas, toldos y persianas. Determinación de la resistencia a la carga vertical (descuadre).

Se define un método de ensayo para determinar la resistencia que presentan las partes móviles (batientes) ante la acción de una carga aplicada en el plano de la hoja en posición abierta. La norma es aplicable a ventanas batientes o pivotantes. Existe un ensayo similar para las hojas de puerta. El ensayo intenta simular los esfuerzos que se producen sobre un batiente cuando se le somete a un esfuerzo en su plano, por ejemplo por un niño colgándose de la hoja.

### WI 33148 Ventanas. Resistencia a la torsión estática.

Se define un método de ensayo para determinar la deformación permanente originada por una carga estática de torsión. La carga se aplica sobre las partes practicables en posición abierta y en dirección perpendicular. La norma simula el esfuerzo que se produce sobre un batiente cuando se intenta forzar su cierre o su apertura estando bloqueado por ejemplo por un objeto que impide su movimiento.

### UNE EN 12046-1 Fuerzas de maniobra. Método de ensayo. Parte 1: Ventanas

Se define un método de ensayo para determinar la fuerza (momento) necesaria/o para operar los herrajes (en apertura y cierre) y la fuerza necesaria (estática o dinámica) para abrir las partes practicables.

### pr EN 13315 Ventanas. Clasificación por resistencia

Esta norma complementa el grupo formado por las tres normas anteriores sobre ensayos mecánicos, estableciendo los niveles de especificación a los que se deben someter las ventanas en los respectivos ensayos. Para los ensayos de torsión estática y carga vertical se establecen 5 clases (Clases 0 a 4 en función de la carga a aplicar en el ensayo), y para las fuerzas de operación se establecen 3 clases (0 a 2)

### pr EN 13049 Ventanas. Impacto por cuerpo blando y pesado. Método de ensayo, requisitos de seguridad y clasificación.

Esta norma establece el método de ensayo, las especificaciones y la clasificación de las ventanas según su comportamiento ante el impacto de un cuerpo blando y pesado. La norma contempla la posibilidad de ensayar todos los elementos abatibles, correderos y fijos, incluyendo las zonas acristaladas.

## B) REQUISITOS DE COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO

### Pr ENV 13420 Ventanas. Comportamiento entre climas diferentes. Método de ensayo.

Esta norma define un método de ensayo para evaluar el riesgo de degradación de las ventanas fabricadas con distintos materiales como consecuencia de la condensación de agua y la difusión de vapor de agua, así como la influencia de la deformación provocada por la exposición a climas diferentes en cada cara, en las prestaciones básicas de la ventana. Se trata de un proyecto de carácter experimental y no se debe confundir con el ensayo equivalente para las puertas cuyo objeto es totalmente diferente.



# Normas europeas de puertas

A su vez se pueden agrupar en los siguientes bloques:

## A) REQUISITOS DE GEOMETRÍA Y DIMENSIONES

### UNE EN 951 Hojas de puerta. Método de medida de la altura, anchura, grosor y escuadría

Clases de tolerancia	Tolerancias admisibles		
	Altura/Anchura (mm)	Grosor (mm)	Escuadría (mm)
Clase 0	Sin requisitos	Sin requisitos	Sin requisitos
Clase 1	± 2,0	± 1,5	1,5
Clase 2	± 1,5	± 1,0	1,5
Clase 3	± 1,0	± 0,5	1,0

### UNE EN 952 Planitud local y general. Métodos de medida

Se define un método para la medición de los parámetros clásicos de deformación de las hojas de puerta, a saber: Curvaturas en el plano longitudinal y transversal, y alabeo. Además la norma incorpora respecto a la versión anterior (EN 24:1974) un método de ensayo para la

### UNE EN 1529 Hojas de puerta. Altura, anchura, grosor y escuadría. Clases de tolerancia.

Esta norma define 4 clases de hojas de puerta en función de las tolerancias dimensionales en altura, anchura, grosor y escuadría tal como se indica en la tabla siguiente:

medición de la planitud local.

### UNE EN 1530 Hojas de puerta. Planitud local y general. Clases de tolerancia.

Esta norma establece 5 clases de hojas de puerta en función de sus tolerancias en planitud local y general tal como se indica en las tablas siguientes:

Tabla 1 - Tolerancias admisibles para la planitud general

Clases de tolerancia	Tolerancias admisibles		
	Alabeo (mm)	Curvatura longitudinal (mm)	Curvatura transversal (mm)
Clase 0	Sin requisitos	Sin requisitos	Sin requisitos
Clase 1	10	10	6
Clase 2	8	8	4
Clase 3	4	4	2
Clase 4	2	2	1

Tabla 2 - Tolerancias admisibles para la planitud local

Clase de tolerancia	Desviación admisible (mm)
Clase 0	Sin requisito
Clase 1	0,6
Clase 2	0,4
Clase 3	0,3
Clase 4	0,2

## **B) REQUISITOS DE RESISTENCIA MECÁNICA**

### **UNE EN 950 Hojas de puerta. Resistencia al impacto por cuerpo duro**

El ensayo consiste en impactar con un cuerpo duro (bola de acero de 500 g), sobre distintos puntos de la hoja de puerta colocada en posición horizontal. Esta norma retoma el ensayo de cuerpo duro de la antigua EN 85 con importantes variaciones en cuanto a la metodología

### **UNE EN 947 Puertas batientes o pivotantes. Determinación de la resistencia a la carga vertical.**

Se trata de un ensayo para la unidad de hueco completa montada en posición vertical. El ensayo consiste en aplicar una carga determinada en el plano de la hoja en su parte superior y con la hoja abierta. Se evalúan los esfuerzos producidos sobre los herrajes, el desplome y la posible deformación de la hoja. Este ensayo anula el método anterior de la norma EN 108, que se realizaba sobre la hoja montada sobre un bastidor.

### **UNE EN 948 Puertas batientes o pivotantes. Determinación de la resistencia a la torsión estática**

Se trata también de un ensayo para la unidad de hueco montada en posición vertical. El ensayo consiste en aplicar una carga determinada en la esquina inferior de la hoja de puerta y perpendicular al plano de la hoja, estando esta bloqueada y en posición abierta. Se evalúa la deformación por bajo carga y la deformación residual de la hoja después de retirar la carga. Este ensayo anula el método anterior de la norma EN 129.

### **UNE EN 949 Determinación de la resistencia al impacto de cuerpo blando y pesado para puertas.**

El ensayo consiste en golpear con un cuerpo de impacto blando de 30 kg que actúa a modo de péndulo, sobre el conjunto de la unidad de hueco de puerta

montada en posición vertical. La norma contempla la posibilidad de realizar el ensayo sobre hojas de puerta fabricadas independientemente y montándolas sobre un cerco estándar. Este ensayo anula el método anterior de la norma EN 162, que era de aplicación exclusivamente para la hoja de puerta.

### **UNE EN 1192 Puertas. Clasificación según los requisitos de resistencia mecánica**

Esta norma define 4 clases de resistencia mecánica de las puertas (1 a 4 respectivamente) en función de los resultados de los ensayos de carga vertical, torsión estática, choque por cuerpo duro y choque por cuerpo blando y pesado. Para cada clase la norma fija el nivel de ensayo (cargas, alturas de caída) y fija la especificación correspondiente.

## **C) REQUISITOS DE COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO**

### **UNE EN 1294 Hojas de puerta. Comportamiento bajo variaciones de humedad en climas sucesivos y uniformes**

Se trata de un método de ensayo para someter en cámara climática a las hojas de puerta a un ambiente húmedo seguido de un ambiente seco. Se evalúan las deformaciones de planitud local o general que se producen en la hoja. Este ensayo retoma sin grandes variaciones el método descrito en la antigua norma EN 43 a la que anula.

### **UNE EN 1121 Unidad de hueco de puerta. Comportamiento entre climas diferentes. Método de ensayo.**

Se trata de un método de ensayo para someter a la unidad de hueco de puerta en cámara climática a condiciones ambientales diferentes por cada cara. Es un ensayo típicamente enfocado a las puertas que por su ubicación deban soportar tales variaciones climáticas entre sus caras, como son las puertas de entrada a vivienda y especialmente las puertas de

exterior. El ensayo consiste en mantener unas condiciones climáticas standard en una de las caras (cara interna), mientras que en la otra (cara externa) aumenta progresivamente la dureza del clima. La norma contempla hasta 4 niveles de ensayo desde temperaturas suaves de 18 °C, hasta condiciones extremas de - 15 °C. El ensayo se complementa con una prueba de radiación con calentamiento de la cara externa temperaturas en torno a lo 70 °C.

Los resultados de ensayo se evalúan mediante dos parámetros: las deformaciones de planitud general y local alcanzadas por la puerta y las variaciones de permeabilidad al aire sufridas entre los estados inicial y final.

Esta norma anula y sustituye a la antigua EN 79, respecto a la cual presenta importantes modificaciones.

**UNE EN 12219 Puertas. Influencias climáticas. Requisitos y clasificación.**

Esta norma establece las especificaciones que deben cumplir las puertas sometidas a los dos ensayos de comportamiento climático anteriormente descritos. La norma establece 4 clases de puertas (0 a

3 respectivamente) en función de las deformaciones de planitud general y local sufridas después de los ensayos. Además se establece que la unidad de hueco debe mantener la clasificación alcanzada previamente en cuanto a permeabilidad al aire y fuerza de maniobra.

**D) REQUISITOS RELACIONADOS CON LAS FUERZAS DE MANIOBRA**

**UNE EN 12046-2 Fuerzas de maniobra.**

**Método de ensayo. Parte 2: Puertas**

Esta norma define un método de ensayo para determinar las fuerzas de apertura y cierre de las puertas y para enganchar/ liberar o bloquear/desbloquear los herrajes con la ayuda de una llave o mediante la empuñadura. Es de aplicación para la unidad de hueco completa. No existe precedente de norma europea al respecto.

**Pr EN 12217 Puertas. Fuerzas de maniobra. Clasificación**

Esta norma establece una clasificación de las puertas en función de los resultados obtenidos en el ensayo según la norma UNE EN 12046-2.



# Otras normas nacionales de puertas

## **UNE 56-801 Puertas de madera. Terminología y clasificación.**

Esta norma define los términos más usuales relacionados con la hoja de puerta, el hueco, la estructura de la hoja y el cerco etc. Establece también diversos sistemas de clasificación según su constitución, el aspecto de las caras, la forma del canto, la ubicación y la forma de apertura. Será anulada en su día por el proyecto de norma europea EN 12519.

## **UNE 56-802 Unidad de hueco de puerta. Medidas y tolerancias**

Esta norma establece las medidas nominales normalizadas de los elementos de la unidad de hueco de puerta (cerco, precerco, tapajuntas y hoja de puerta) así como sus respectivas tolerancias, excepto las tolerancias en las medidas de las hojas que deberán ajustarse a los establecidos en la norma europea EN 1529.

## **UNE 56-802 Hojas de puerta. Especificaciones**

Esta norma establece las especificaciones de las hojas de puerta que se consideran de importancia a nivel nacional y que no han sido normalizadas a nivel europeo, tales como el contenido de humedad de los materiales de constitución, las características de la madera maciza, determinados aspectos de las puertas de estructura alveolar, así como las especificaciones relativas a los ensayos de arranque de tornillos y de inmersión de las hojas en agua.

## **UNE 56-850 Ensayo de inmersión de las hojas en agua**

Esta norma define un método de ensayo para evaluar los desperfectos y la hincha-

zón que produce la humectación intermitente de la parte inferior de las hojas de puerta. Se trata de un test específico para las hojas de puerta constituidas esencialmente por madera o materiales derivados de la madera.

## **UNE 56-851 Ensayo de arranque de tornillos**

Esta norma define un método para evaluar la capacidad de agarre de los tornillos sobre los cantos y zonas de refuerzo de las puertas

## **UNE 56-877 Hojas de puerta. Medición de las dimensiones del bastidor y refuerzo de la cerradura.**

# Otras normas nacionales de ventanas

## **UNE 85 201 Ventanas terminología y definiciones**

Recopilación de términos relacionados con el hueco y los componentes de la ventana. Esta norma será anulada y sustituida en el futuro por el pr EN 12519.

## **UNE 85-202 Ventanas. Clasificación y representación de acuerdo con el sistema de apertura.**

Esta norma será anulada y sustituida en el futuro por el pr EN 12519.

## **UNE 85-203 Métodos de ensayo de ventanas. Ensayos mecánicos y UNE 85- 215 Ventanas: valores aplicables a los ensayos mecánicos.**

Estas dos normas, que deben de utilizarse de forma conjunta, describen cinco ensayos que permiten: determinar la fuerza necesaria para abrir y cerrar la ventana, examinar el comportamiento de la ventana ante falsas maniobras y examinar la eficiencia de los dispositivos de limitación de apertura. Los ensayos descritos son los siguientes: alabeo o flexión, descuadre, torsión, deformación diagonal y de los dispositivos de restricción de apertura. En ambas normas se incluye una tabla en la que se especifican los ensayos que proceden en función del tipo de ventana (tipo de apertura y de giro). En la norma UNE 85-215 se dan los valores aplicables a los ensayos mecánicos (fuerzas, protocolos de carga y descarga, mediciones etc) y se establecen los niveles de especificación que deben soportar las ventanas en cada uno de los ensayos. Estas normas serán anuladas y sustituidas en el futuro por diversos proyectos de norma europeos, entre ellos los siguientes: pr EN 947-1 (ensayo de carga vertical),

pr EN 1191 (ensayo de apertura y cierre repetidos) y pr EN 12046-1 (fuerza de maniobra), pr EN 13115 (clasificación según resistencia mecánica) y pr EN 12400 (durabilidad mecánica).

## **UNE 85-215 Ventanas. Valores aplicables a los ensayos mecánicos**

## **UNE 85 219 Ventanas. Colocación en obra.**

Este documento que tiene carácter de instrucción (no de norma) tiene tres partes. En la primera (características generales) se relacionan una serie de aspectos a tener en cuenta en la colocación de la ventana para dar cumplimiento a determinadas propiedades: resistencia mecánica, compatibilidad entre los materiales empleados, estanqueidad al aire y al agua, comportamiento térmico y acústico, anti vibración. En la segunda parte (procedimientos de colocación) se relacionan aspectos específicos a tener en cuenta en los principales sistemas de colocación: convencional, mediante adhesivos, atornillado o grapado, integrado en elementos prefabricados, o por soldadura a la estructura. En la tercera parte (condiciones específicas) se establecen tolerancias de planimetría del cerco o precerco, de descuadre, y de holgura entre cerco y precerco, además de unas dimensiones mínimas para precercos de distintos materiales.

## **UNE 85-220 Criterios de elección de las características de las ventanas relacionadas con su ubicación y aspectos ambientales**

Se trata asimismo de una instrucción. El

contenido de esta norma tiene el mismo alcance que la NTE sobre cálculo de las carpinterías de madera aunque con un enfoque bastante más complicado. Lo más destacado de la norma es que establece un sistema para la elección de las características básicas de cerramiento (estanqueidad al agua, permeabilidad al aire y resistencia al viento) en función de la zona geográfica de ubicación, la situación o clase de exposición, la altura sobre el suelo y la situación o entorno del edificio (centro de ciudad, zona rural etc).

#### **UNE 85-221 Ventanas. Bancos de ensayo de ventanas y balconeras**

Esta norma describe las características básicas de los bancos de ensayo de ventanas y balconeras, las prestaciones mínimas del equipo impulsor de aire y las tolerancias de calibración de los distintos dispositivos de medición.

#### **UNE 85-222 Ventanas. Acristalamiento y métodos de montaje.**

Esta norma establece las medidas y holguras necesarias y especifica las características y el método a utilizar para el correcto acristalamiento de las ventanas y balconeras, de forma que se garantice la estanqueidad entre el material de acristalamiento y el bastidor, así como el acuíñado del acristalamiento para asegurar una posición correcta dentro del bastidor.

#### **UNE 85-225 Ventanas Metodología de ensayos. Orden cronológico y criterios.**

Establece por su orden la secuencia completa de ensayos de caracterización de una ventana, además de aportar algunas aclaraciones o criterios complementarios para la valoración de los distintos ensayos que no quedan recogi-

dos en las normas de ensayo respectivas.

#### **UNE 85-230 Ventanas. Sellado. Terminología y definiciones**

Recopilación de más de 20 términos relacionados con el sellado de las ventanas, incluyendo 10 figuras ilustrativas.

#### **UNE 85-233 Ventanas. Adecuación a la función y requisitos técnicos.**

Esta norma es una recopilación de recomendaciones constructivas y requisitos técnicos referida a cada uno de los elementos de las carpinterías, con el objeto de garantizar sus características funcionales durante un periodo mínimo de 20 años. Incluye también especificaciones relativas a la seguridad de uso, las características mínimas de los materiales y la protección superficial.

#### **UNE 85-234 Ventanas, persianas y sus accesorios. Documentación técnica para la carpintería exterior de edificios. (Instrucción)**

Esta instrucción tiene por objeto definir la documentación necesaria para facilitar la elección, diseño, comprobación y aceptación de las carpinterías exteriores.

También sirve para facilitar la correcta definición de las carpinterías exteriores que permita comprobar fácilmente la adecuación de la ventana a las necesidades técnicas y funcionales prescritas en los Reglamentos Técnicos, Pliegos de Condiciones y Contratos.

Es de aplicación para toda la documentación relativa a las carpinterías de los edificios de nueva planta o en rehabilitación, en sus aspectos de proyecto, oferta, entrega, recepción, certificación y catálogo.



# Normas tecnológicas de la edificación

Las normas tecnológicas de la edificación (en adelante NTE), constituyen un conjunto de especificaciones de cumplimiento no obligatorio sobre elementos de la construcción, gestionadas y editadas por el Ministerio de Fomento (en el momento de su primera edición por el MOPU). Estas normas amplían y desarrollan los conceptos generales que establecen las Normas Básicas, Reglamentos e Instrucciones de obligado cumplimiento. Se clasifican en familias, subfamilias y tecnologías.

Regulan cada una de las actuaciones que intervienen en el proceso edificatorio: diseño, cálculo, valoración, construcción, control y mantenimiento.

Dada la fecha de su edición (año 74) ciertamente resultan obsoletas, tanto por el desarrollo tecnológico que desde entonces han tenido los elementos de carpintería (sistemas de instalación, herrajes, acristalamiento, acabados, materiales etc) como por sus referencias a normas UNE en las que se apoyan muy a menudo).

A continuación se hace una relación de las principales normas NTE de carpintería exterior y de puertas, comentando su contenido.

## **Carpintería de madera. Diseño.**

Establece una clasificación dimensional básica de la carpintería de madera y los huecos en que se aloja, basada en el módulo de 25 cm. Incluye un sistema para designar y representar mediante símbolos, los alzados de los distintos tipos de carpintería exterior según el nº de hojas y tipo de apertura, así como las aplicaciones más adecuadas para cada tipo de ventana.

Se dan asimismo recomendaciones para la representación en planta de las ventanas y se incluye un ejemplo de representación en plano.

## **Carpintería de madera. Cálculo**

Se describe la forma de calcular las dimensiones de la carpintería exterior y el número de huecos, en función de las necesidades de iluminación. El sistema se basa en aspectos tales como la zona geográfica, de emplazamiento del edificio, la proximidad (altura y distancia) de otros edificios, el tipo de uso del local y sus dimensiones (anchura y profundidad).

## **Carpintería de Madera. Construcción**

Se establecen las especificaciones de construcción de los tipos básicos de carpintería exterior a saber:

- ventana fija (no practicable)
- ventana de una o dos hojas abatibles de eje vertical u horizontal.
- ventana corredera (2 hojas)
- ventana de guillotina
- puerta balconera de una o dos hojas abatibles
- puerta balconera corredera

para cada uno de estos elementos se incluyen especificaciones sobre:

- cerco o premarco (separación forma y profundidad de anclajes a obra, unión de cerco a premarco, orificios de desagüe)
- hojas (tipos de cierre, pernios, cámara de expansión, vierteaguas)
- junquillos (secciones, colocación y clavado)
- herraje de cierre (colocación u puntos de cierre)
- características mínimas de la carpintería (estanqueidad al agua, permeabilidad al aire)
- dimensiones mínimas de sección en mm de los perfiles (cerco, hojas, vierteaguas, mainel)
- fijación del cerco (mortero, preparación de huecos y precauciones de colocación)

- condiciones generales de fabricación (características mínimas de la madera en cuanto a % de humedad y alteraciones admisibles)

Además para cada tipo de carpintería se adjuntan los esquemas de alzados y secciones verticales y horizontales.

### **Carpintería de madera. Control**

Se establecen una serie de recomendaciones para el control en obra de los elementos de carpintería exterior (fijación del cerco y funcionamiento). Para cada elemento se definen los controles a realizar, su número y las condiciones de no aceptación.

### **Carpintería de madera. Mantenimiento**

Se establece una periodicidad para los controles, y para su entretenimiento y conservación

### **Puertas de madera. Diseño**

Define las anchuras mínimas de las hojas de puerta en función de su ubicación.

Define los tipos de herrajes más adecuados tanto de cuelgue como de cierre y seguridad, en función del tipo de puerta y de accionamiento. Da algunas recomendaciones sobre herrajes complementarios (cierrapuertas, mecanismos de amortiguación, mirillas).

Describe los símbolos para la representación en planos de los distintos de puertas.

### **Puertas de madera. Construcción**

Se definen las gamas dimensionales estandarizadas para la altura, anchura y grosor de los distintos tipos de puertas de paso, armarios y maleteros, y sus respectivas tolerancias dimensionales para las puertas abatibles, correderas. Se establecen unas relaciones dimensionales (altura/anchura) para las puertas plegables y su grosor mínimo.

Se incluye una ficha para completar la definición de la hoja (clase, aspecto de las caras, materiales, acabado y terminación)

Se relacionan una serie de propiedades

comprobables mediante ensayo en laboratorio que deben cumplir las hojas de puerta.

Se establecen unas especificaciones mínimas para las dimensiones y situación de los refuerzos (bastidor, cerradura, mirilla, tirador).

Se adjuntan algunas secciones descriptivas de tipos básicos de puertas planas y macizas y se establecen recomendaciones constructivas sobre las puertas vidrieras.

Se definen las dimensiones mínimas de cercos y precercos (anchura y grosor), y se añaden dibujos de alzado con detalles de anclajes (dimensiones forma y separación).

Se establecen unas especificaciones mínimas para los herrajes de cuelgue de las puertas abatibles y plegables (bisagras y pernios).

### **Puertas de madera. Control**

Se establecen los controles a realizar, el nº de controles y las condiciones de no aceptación para las puertas de paso abatibles correderas y plegables.

### **Puertas de madera. Mantenimiento**

Se establece una periodicidad para los controles, y para su entretenimiento y conservación.

# Equivalencia entre las propiedades básicas

## de cerramiento de las normas europeas nuevas y antiguas

Ya se ha comentado en los antecedentes de este capítulo, que el momento de preparación y edición de este libro coincide con un fase de intensa adopción de normas europeas. Entre estas nuevas normas destaca el grupo que hemos dado en llamar de "Propiedades Básicas de Cerramiento de la Carpintería Exterior", a saber:

- Permeabilidad al aire
- Estanqueidad al agua
- Resistencia al viento

A lo largo de la obra se hace referencia cuando se trata de estas propiedades, al

antiguo sistema de clasificación:

- A1, A2 y A3 para la permeabilidad al aire,
- E1, E2, E3 y E4 para la estanqueidad al agua, y
- V1, V2, V3, V4 para la resistencia al viento.

Es el caso, que las nuevas normas establecen para estas tres propiedades, nuevas clases con nuevos sistemas de designación y más escalonados, de tal forma que no se puede establecer una correspondencia exacta entre las clases antiguas y las nuevas.

Es razonable pensar que el antiguo sistema va a estar todavía presente durante largo tiempo en la bibliografía, en los informes de ensayo, y en la costumbre de quienes durante más de una década lo han estado utilizando. Con el objeto de que se pueda establecer una comparación rápida entre uno y otro sistema, se adjuntan las tablas y gráficos que siguen a continuación.

**TABLA 1: CLASIFICACION DE LAS VENTANAS POR SU PERMEABILIDAD AL AIRE**

UNE 85208-81: Ventanas. Clasificación de acuerdo con su permeabilidad al aire

### 1.- Criterio de clasificación

Fuga de aire a 100 Pa

#### 1.1 Fuga de aire por superficie practicable

- Sin clasificar > 50 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>
- Clase A1: < 50 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup> hasta 150 Pa
- Clase A2: < 20 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup> hasta 300 Pa
- Clase A3: < 7 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup> hasta 600 Pa

Norma Europea EN 12207: Puertas y ventanas Permeabilidad al aire. Requisitos y clasificación

### 1.- Criterio de clasificación

Fuga de aire a 100 Pa

#### 1.1 Fuga de aire por superficie total

- Clase 0: Sin ensayar
- Clase 1: ≤ 50 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup> hasta 150 Pa
- Clase 2: ≤ 27 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup> hasta 300 Pa
- Clase 3: ≤ 9 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup> hasta 600 Pa
- Clase 4: ≤ 3 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup> hasta 600 Pa

#### 1.2 Fuga de aire por las juntas de apertura

- Clase 0: Sin ensayar
- Clase 1: ≤ 12,50 m<sup>3</sup>/h m hasta 150 Pa
- Clase 2: ≤ 6,75 m<sup>3</sup>/h m hasta 300 Pa
- Clase 3: ≤ 2,25 m<sup>3</sup>/h m hasta 600 Pa
- Clase 4: ≤ 0,75 m<sup>3</sup>/h m hasta 600 Pa

#### 1.3 Criterios de clasificación final

Según las clasificaciones obtenidas en 1.1 y 1.2:

- Iguales: Clase coincidente
- Adyacentes: Clase más favorable
- Diferencia de 2 clases: Clase intermedia
- Diferencia de más de 2 clases: sin clasificar



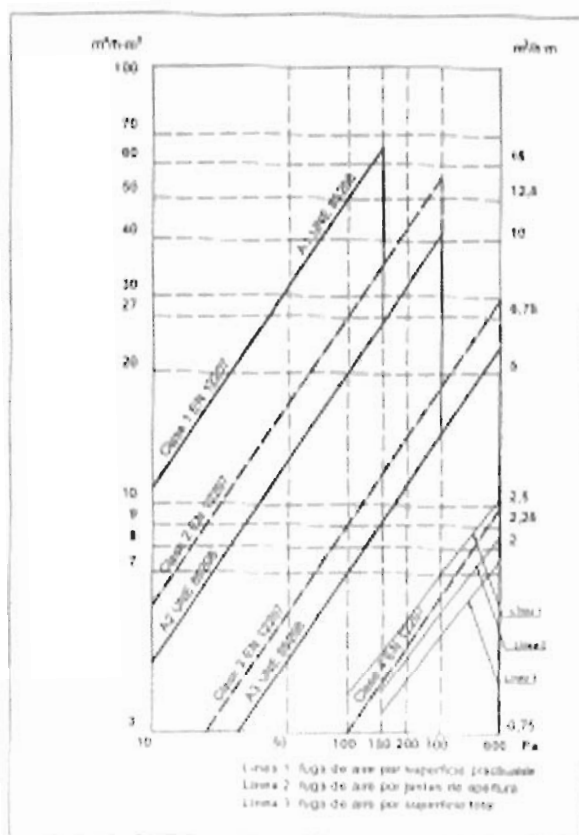
TABLA 2: CLASIFICACIÓN DE LAS VENTANAS POR SU ESTANQUIDAD AL AGUA

UNE 85212-83: Ventanas. Clasificación de acuerdo con su estanquidad al agua

Norma Europea EN 12208: Puertas y ventanas. Estanquidad al agua. Requisitos y clasificación

Requisitos	Clasificación	Presión nominal (Pa)	Presión nominal sin efecto pantalla (Pa)	Clasificación sin efecto pantalla	con efecto pantalla	Requisitos
		-	-	0	0	sin requisito
		-	0	1 <sup>a</sup>	1B	rociado inicial 15 min
entre 50 y 150 Pa	Clase E1 normal:	50	50	2 <sup>a</sup>	2B	Como clase 1 + 5 min
		100	100	3 <sup>a</sup>	3B	Como clase 2 + 5 min
		150	150	4 <sup>a</sup>	4B	Como clase 3 + 5 min
		200	200	5 <sup>a</sup>	5B	Como clase 4 + 5 min
entre 150 y 300 Pa	Clase E2 mejorada:	250	250	6 <sup>a</sup>	6B	Como clase 5 + 5 min
		300	300	7 <sup>a</sup>	7B	Como clase 6 + 5 min
		400	450	8 <sup>a</sup>	-	Como clase 7 + 5 min
		500	600	9 <sup>a</sup>	-	Como clase 8 + 5 min
≥ 500 Pa	Clase E4 excepcional:	> 500	> 600	E <sub>xxx</sub>	-	Escalones 150 Pa durante 5 min

xxx representa la presión máxima de ensayo



**TABLA 3. CLASIFICACION DE LAS VENTANAS POR SU COMPORTAMIENTO FRENTE A LA ACCION DEL VIENTO.**

- UNE 85213-86: Ventanas. Clasificación de acuerdo con su resistencia bajo los efectos del viento.

**1º.- Definiciones.**

Presión	Ensayo	Medida
P1	Deformación	Flecha
P2	P/S repetidas	Funcionalidad
P3	Seguridad	P. Máxima

**2º.- Clasificación de la carga de viento.**

Clase	Ensayo Deformación	Repetido Sin clasificar	Seguridad
V1 normal	500	400	900
V2 mejorada	1.000	800	1.700
V3 reforzada	1.500	1.200	2.400
V4 excepcional	2.000	1.600	3.000

**3º.- Rigidez estructural:  $f < 1/300$**

- Norma Europea EN 12210: Puertas y ventanas. Resistencia al viento. Clasificación.

**1º.- Definiciones.**

Presión	Ensayo	Medida
P1	Deformación	Flecha
P2	P/S repetidas	Funcionalidad
P3	Seguridad	P. Máxima

**2º.- Clasificación de la carga de viento.**

Clase	P1	P2	P3
0		Sin ensayar	
1	400	200	600
2	800	400	1.200
3	1.200	600	1.800
4	1.600	800	2.400
5	2.000	1.000	3.000
Exxx	>2.000	>1.000	>3.000

**3º.- Clasificación de la rigidez estructural**

Clase	Flecha relativa
A	<1/150
B	<1/300
C	<1/300

**4º.- Requisitos**

P1 Sin fallo visible a 1 m  
 P2 Sin fallo visible a 1 m.  
 Mantener funcionamiento correcto.  
 Incremento de permeabilidad 20%  
 P3 Fallos sin separación de piezas ni apertura.  
 Se repite si hay rotura del vidrio.

**5º.- Clasificación global**

Clase de carga de viento	Flecha frontal relativa		
	A	B	C
1	A1	B1	C1
2	A2	B2	C2
3	A3	B3	C3
4	A4	B4	C4
5	A5	B5	C5
Exxxx	AExxxx	BExxxx	CExxxx

# glosario

## A

**A la molinera:** escalera de un tramo de fuerte pendiente con una o dos zancas y los peldaños empotrados. Los peldaños deben sobresalir lo suficiente para asentar el pie con seguridad.

**Abang:** Madera guineana, de color amarillo verdoso y fajas longitudinales, muy utilizada en ebanistería.

**Abarquillado:** Deformación de la chapa de madera, en determinadas condiciones de humedad, que adopta forma curva.

**Abedul:** Madera blanda en su especie blanca y dura en las rojizas y amarillentas. Sirve para imitaciones de caoba y nogal.

**Abel:** Madera guineana procedente del árbol Cola Ballary,

**Abiselado:** Con forma de bisel

**Abocardar:** Ensanchar un taladro

**Acacia:** Árbol parecido al algarrobo, cuya madera recuerda a la del tilo. Muy utilizada en Inglaterra donde se la conoce con el nombre de roble americano.

**Acajou:** Caoba africana.

**Acebo:** Árbol ilíceo de madera blanca grisácea. Para ebanistería y taraceas.

**Acebuche:** Madera procedente del arbusto del mismo nombre.

**Acerolo:** Madera muy dura procedente del árbol rosáceo del mismo nombre, de color carnoso muy apreciado en ebanistería.

**Aderno:** Madera originaria de Canarias muy apreciada en ebanistería.

**Adovelado:** Con forma de dovela.

**Ailanto:** Árbol de madera blanco amarillenta, que tiene algunas aplicaciones en ebanistería.

**Akoga:** Madera de Guinea, de color pardo

oscuro y vetado claro muy parecida al palisandro de Madagascar.

**Alabastro:** Mineral de sulfato cálcico, vetado y translúcido que se usa a veces en ventanas.

**Álamo:** Árbol de madera ligera y blanda, ligeramente amarilla usada primordialmente para interiores de muebles.

**Alambor:** Parte cóncava de una bóveda. Corte ligeramente biselado del canto de una hoja para facilitar la maniobrabilidad.

**Albura:** Zona exterior de la madera que contiene las células vivas y conduce la savia.

**Alcornoque:** Encina corchera.

**Alerce:** Árbol conífero resinoso de madera roja cuando está verde y de color nogal cuando esté seco.

**Aldaba:** Picaporte de metal, sujeto por un extremo provisto de eje, para permitir golpear la puerta.

**Aldabón:** Aldaba en forma de asa, de grandes dimensiones.

**Alfarjía:** Madero de sierra de unos 14 cm de cara y 10 de canto que se emplea principalmente para cercos de puertas y ventanas.

**Alféizar:** Repisa o plano horizontal que forma el hueco de una ventana en la parte inferior. Puede ser interior o exterior.

**Alguaza:** Bisagra o gozne.

**Alicer:** Antiguamente tabica.

**Alma:** Nabo de una escalera de caracol. Lo que se mete en el hueco de algunos elementos constructivos poco consistentes para darles fuerza y solidez (hojas de puertas, paramentos, etc.)



**Alma llena o compacta:** Parte interior de una puerta con un material uniforme, normalmente tablero aglomerado.

**Alma hueca o estructurada:** Parte interna de una puerta cuando no forma una unidad compacta.

**Almendo:** Árbol frutal cuya madera es muy apreciada en ebanistería por su extraordinaria dureza y color parecido al palo de rosa.

**Almilla:** En carpintería, espiga.

**Altura de paso (o altura libre):** la distancia del borde anterior del peldaño hasta la parte inferior del tramo de escalera que hay encima o del techo que a cubra medida verticalmente.

**Alveolar:** Con forma de alveolos o celdillas de panal de abejas.

**Alzapié:** Rodapié.

**Anaquel:** Estante de tablas. Travesaño de posición intermedia.

**Anchura del tramo:** Medida en planta de la anchura de la construcción.

**Anilina:** Tinte, colorante obtenido sintéticamente del alquitrán de hulla.

**Antepecho:** Parte inferior del alféizar de una ventana

**Aplacado:** Recubrimiento realizado mediante placas de un material distinto al del fondo.

**Apomazar:** Alisar y terminar con piedra pómez antes del barnizado o acabado.

**Apriete:** Acto de encolar piezas de madera con gatos, tornillos o presas.

**Árbol:** Pie derecho, alrededor del cual se colocan los peldaños de una escalera de caracol.

**Armadura:** Estructura interna de un elemento de carpintería o un mueble. Puede ser alveolar o de listones.

**Armazón:** Cuerpo. Conjunto rígido e indeformable.

**Arpia:** Figura de mujer con alas y garras de ave. Utilizada a veces en ornamentación de pilarotes de escaleras.

**Arranque (de la escalera):** Elementos que acompañan al primer escalón de la escalera.

**Artesonado:** Conjunto de artesones que forman un techo muy decorativo.

**Astil:** Elemento torneado de madera, delgado y muchas veces en forma de huso, que constituye el barrotaje.

**Avance:** longitud del paso en proyección horizontal al salvar el desnivel entre dos peldaños. Coincide con la huella.

**Avellanado:** Taladro cónico de una madera para alojar la cabeza de un tornillo.

**Avellanar:** Ensanchar el comienzo de un taladro a fin de que la cabeza quede embutida.

## B

**Balaustrada:** conjunto de balaustres que forman una barandilla

**Balaustre:** columnitas provistas de molduras que sirven para formar barandillas.

**Balcón:** Ventana grande, abierta desde el suelo y provista de barandilla.

**Bambú torneado:** Imitación del bambú natural por medio de madera y pintura.

**Baqueta:** Moldura redonda.

**Baquetón:** Junquillo o baqueta grande.

**Baranda:** Barandilla. Pletina que sirve de armadura interna del pasamanos o hace las veces del mismo en las escaleras económicas

**Barandal:** Barandilla. Listón sobre el que se asientan los balaústres y los abraza por arriba. Antepecho que forman los balaústres para formar el pasamanos

**Barandilla:** Elemento lateral de protección del tramo de escalera compuesto por pasamanos, balaústre o embarrotado de sustentación y estructura interna de sujeción. Puede ser libre o abierta (dejando huecos) o cerrada (totalmente cuajada), empotrada (incrustada en la pared) o adosada (fija ala zanca lateralmente o encima a través de los peldaños)

**Baraústre:** balaústre

**Barbilla:** Corte oblicuo dado en la cara de una madera para que encaje en el hueco poco profunda de otra.

**Barrote:** Pieza de arranque de la barandilla de mayor grosor que los balaústres. Travesaño pequeño.

**Basamento:** Cuerpo que constituye la base de una figura para elevar su altura o dotarle de un plano propio de sustentación.

**Bastidor:** marco de madera provisto de ranuras en las que encajarán los tableros a fin de darles rigidez.

**Bastón:** Bocel.

**Batea:** Mocheta en la que apoya un peldaño. Sus dimensiones son de 2-4 cm de ancho por 5-7 cm de largo.

**Bateaguas:** Cualquier elemento destinado a impedir la entrada del agua de lluvias por una ventana o balcón.

**Batientes:** Parte del cerco de las puertas y ventanas en que baten cuando cierran. Cada una de las hojas de una puerta o ventana. Mamperlán de escalones y puertas.

**Bocel:** Moldura convexa en forma de cilindro macizo.

**Biforo:** Provisto de dos puertas o huecos de entrada

**Billetes:** Motivo ornamental característico de la arquitectura románica; se compone de una serie de rectángulos salientes, formando hileras, alternando con espacios vacíos.

**Bisagras:** Conjunto de dos planchas metálicas unidas por un lado mediante cilindros huecos que son atravesados por un pasador. Sirven para facilitar la abertura y cierre de puertas y ventanas.

**Bisel:** Corte oblicuo en el canto o extremidad de un tablero, plancha o lámina.

**Biselar:** Achaflanar. Matar (acepillar, lijar) una arista, dejando una superficie plana en su lugar.

**Bocallave:** Cartela, por lo general metálica, que se coloca como guarda del ojo de una cerradura.

**Bocel:** Moldura convexa en forma de cilindro macizo.

**Bola y collarino:** Elemento ornamental torneado que adopta la forma de una bola y un anillo.

**Bofetón:** Empotramiento rematado con una placa que sirve de embellecedor o tapajuntas.

**Bolo:** Ornamento de forma esférica.

**Boltel:** Moldura en forma de cilindro empotrado sólo en una pequeña parte lateral.

**Bordón:** Moldura que adopta la figura de media caña.

**Bornear:** Torcerse una pieza de madera hasta formar comba.

**Boquilla:** En carpintería, hueco que se hace en una pieza para que entre la espiga de otra.

**Botador:** Herramienta parecida al cincel que sirve para introducir y apretar clavos y esconder sus cabezas, de forma que no sean percibidas después y su presencia no afecte al acabado estético.

**Botar:** Acción de introducir clavos con el botador.

**Botón:** Labor en forma de anillo que, para adorno, se hace en los balaustres.

**Bragueta:** Moldura convexa parecida a un medio corazón, trazada con dos arcos de círculo de diferentes radios y centros; es la inversa de la escocia.

**Brida:** Elemento metálico que se utiliza para asegurar la unión de dos tableros de madera o de uno de ellos a la pared.

**Brochal:** Madero atravesado entre otros dos de un suelo y ensamblado con ellos, colocado ante un hueco.

**Buhardilla:** Ventana abierta en la pendiente de un tejado.

**Burlete:** Abertura pequeña que llevan los bajos de algunas puertas. Pieza que va incrustada en una ranura y sirve para rellenar holguras entre una hoja y su cerco al cerrarse aquella.

## C

**Cabeza:** Cara del peldaño que da al ojo de una escalera.

**Cabezada:** Línea que marca el vano máximo que permite el paso sin golpearse la cabeza. Medida vertical de la obra acabada, tomada desde el canto anterior de los peldaños y de los rellanos, hasta el canto inferior del elemento constructivo situado sobre él.

**Cabio:** Tramo horizontal interior del armazón de una puerta.

**Caja (de escalera):** Espacio o recinto previsto para la escalera.

**Cajear:** Abrir una o varias cajas en una pieza de madera.

**Calar:** Recortar con sierra de marquetería

**Camón:** Armadura de madera de forma curva que sirve de matriz para cubrir con hojas de maderas finas, una superficie de madera ordinaria de igual curvatura. La palabra viene seguramente de cama, apoyo.

**Can:** Modillón.

**Canaladura:** Moldura hueca a base de surcos o canales.

**Cáncamo:** Clavo grueso con un ojo en un extremo.

**Cantонера:** Refuerzo de metal que se coloca en el borde de piezas de madera, sobre el canto.

**Capialzado:** Derrame volteado en la parte superior de una puerta o ventana.

**Cantear:** Hacer canto en una madera.

**Canto:** Cara estrecha de una pieza de madera.

**Cantонера:** Refuerzo de metal que se coloca en el borde de piezas de madera

**Cara:** Cualquiera de las superficies opuestas de mayor anchura y longitud de las piezas de madera aserrada (Norma EN 8443.1995)

**Cara exterior:** Cara más alejada del corazón de la madera (Norma EN 8443.1995)

**Cara interior:** Cara más próxima al corazón de la madera (Norma EN 8443.1995)

**Caracol (escalera de):** Escalera de forma espiral, seguida y sin ningún descanso.

**Caracol con ojo (escalera de):** Escalera de caracol en la que los peldaños están apoyados o empotrados exteriormente.

**Caracol con espigón (escalera de):** Escalera de caracol en la que los peldaños están apoyados o empotrados en un poste o columna central.

**Caries:** Defecto de la madera que se pudre, formando un tejido blanco y de mal olor. Pudrición

**Casetón:** Cuarterón. Cada una de las partes en que se divide un techo artesonado. Compartimentos ahuecados y decorados geoméricamente en que se divide una puerta.

**Caveto:** Moldura cóncava cuyo perfil es por lo general un cuadrante de círculo.

**Cedria:** Gomorresina que destila del cedro.

**Ceja:** Rebajo que hay en un cerco de puerta o ventana, donde batén, asientan y golpean las hojas.

**Celaje:** Claraboya o ventana alta, así como la parte superior de una ventana normal.

**Celosía:** Enrejado de madera o hierro que se coloca delante de algunas ventanas. Tabiquillo separador.

**Cepillado:** Corte de la madera que produce superficies planas y lisas mediante separación de delgadas capas con una cuchilla.

**Cepilladora:** Máquina de cuchilla intercambiable, parecida a la garlopa pero accionada eléctricamente.

**Cera:** Mezcla de cera amarilla y aceite de trementina que se utiliza para encerar la madera.

**Cercha:** Patrón de madera que facilita el labrado de una superficie curva. Regla delgada y flexible de madera que sirve para medir superficies cóncavas o convexas. Patrón de contornos curvos, sacado de una tabla, que se aplica al canto de una pieza para labrar en ella una superficie cóncava o convexa. Plantilla flexible. Plantilla alargada.

**Cerco:** Marco de madera de una puerta o ventana. Perfil de chapa de madera que se coloca en los bordes laterales de un tablero chapado

**Cerradero:** Hueco de la cerradura en la parte que se atornilla al marco que debe recibir el pestillo.

**Cerradura:** Mecanismo metálico empleado para asegurar el cierre de puertas y ventanas.

**Cerramiento:** Pared o tabique con que se tapa algún hueco.

**Cerrojo:** Barra de hierro con manija para



ajustar y cerrar una puerta o ventana contra el quicio, o una hoja contra otra.

**Ciega (escalera):** Escalera que no deja ojo central, o lo que es lo mismo, sus zancas están en el mismo plano vertical.

**Cielo raso:** Superficie que oculta la vigería del techo y da a la habitación la altura deseada.

**Cimbra:** Armazón de maderas utilizado para construir arcos y bóvedas.

**Clavija:** Pieza intermedia de fijación que se introduce en un hueco practicado en dos piezas ensambladas.

**Coda:** Pieza triangular de madera que se encola en el ángulo interior formado por la unión de dos tablas, para asegurar su ensamble.

**Cojinete:** Almohadillado

**Cogote:** Parte de madera que sobresale de un cerco de puerta o ventana y sirve para sujetarlo al muro.

**Cola de milano:** Espiga de ensamble en forma de trapecio.

**Colaña:** Defecto de la madera en forma de grietas concéntricas.

**Compensación:** En los giros de la escalera aparecen peldaños triangulares que no son recomendables porque conviene dotar al cuello de una dimensión de 10-15 cm, para ello se desplaza el canto anterior hacia adelante. Existen diversos métodos de compensación.

**Contrahuella:** Parte vertical, perpendicular a la huella, que determina la altura o elevación de un peldaño, comprende la tabica (ver) más el canto de la huella.

**Contraventana:** Postigo

**Contrazanca:** Segunda zanca que se coloca frente a la principal de una escalera, que va apoyada contra la pared y sirve para recibir la otra extremidad de los peldaños.

**Copa invertida:** Torneado cuyo perfil recuerda al de una copa al revés.

**Copada:** Moldura cóncava que enlaza dos cuerpos, uno horizontal y otro vertical.

**Copete:** Remate superior.

**Cordón:** Moldura de escaso saliente.

Bocel

**Cornijal:** Pie derecho en ángulo.

**Cornisamiento:** Entablamento.

**Coronel:** Cimacio o moldura.

**Corte radial (o al cuarto):** Corte del que resulta una cara paralela o aproximadamente paralela a los radios leñosos o aquella perpendicular o aproximadamente perpendicular a los anillos de crecimiento (Norma EN 8443.1995) (Norma EN 8443.1995)

**Corte tangencial:** Corte del que resulta una cara perpendicular o aproximadamente perpendicular a los radios leñosos o tangente a los anillos de crecimiento (Norma EN 8443.1995)

**Cremallera:** perfil dentado que va adosado al muro en las escaleras a la inglesa.

**Cremona:** Cierre de una ventana, interior al larguero, cuyo mecanismo está embutido en el marco.

**Crujidos de las escaleras:** Para evitarlos se clavan las tabicas a las huellas inferiores y levantando ligeramente la superior haciendo palanca.

**Cuadro:** marco o bastidor

**Cuarterón:** Cada uno de los cuadros que dividen los peinaos de una hoja o panel.

**Cuarto de bocel:** moldura que representa una cuarta parte de un bocel.

**Cubillo:** Unión de los tramos de una escalera para que el pasamanos sea continuo y sin resaltes. Pieza recta o curva de madera que sirve para enlazar dos zancas al aire de dos tramos continuos en sentido contrario.

**Cubrejuntas:** Listón de madera que sirve para tapar las juntas de un bastidor de madera on la pared o las que presenta un empanelado de madera.

**Cubreventana:** Reja o cancela de forja, de una ventana

**Cuello:** Parte más delgada de un balaustre.

**Cuello de cisne:** Forma que adopta la parte inferior de ciertas barandillas, por su semejanza con la curva del cuello de este ave. En ebanistería, tímpano quebrado formado por dos curvas en forma de S, que generalmente terminan en una patera.

**Cuello de ganso:** En ebanistería, arco de doble curva parecido al cuello de cisne, pero de menor altura y menor ancho.

**Cuerpo:** Armazón

**Curvado de un peldaño:** Modificación del perfil de un peldaño en forma de círculo, que afecta a la línea de huellas y a los cuellos. Suele aplicarse a peldaño y medio antes y después de un descansillo.

## Ch

**Chaflán:** Corte oblicuo dado a una arista o esquina.

**Chambrán:** Entablado de puertas o ventanas

**Chambrana:** Labor o adorno de piedra que se pone alrededor de puertas, ventanas, chimeneas.

**Chaparra:** Encina joven

**Chapear/do:** Acción de encolar una chapa de madera a base de otra de más baja calidad a fin de embellecer el conjunto superior.

**Chapelet:** Ornamentación en madera del estilo Luis XVI que representa unas rosquillas ensartadas por una varilla.

**Chapera:** Plano inclinado hecho con maderos unidos por medio de travesaños, que se usa en sustitución de escaleras.

**Charnela:** Conjunto formado por dos plaquitas metálicas que pueden girar alrededor de un pasador común y sirven para facilitar el movimiento de las puertas y otros elementos móviles.

**Charniera:** Castellanización de la voz francesa Charniere que designa las bisagras o planas con los cuerpos desiguales.

**Chilla:** Tabla de madera de unos 200 x 12 x 12 cm

**Chuleta:** Pedazo de madera plano y delgado que se introduce de canto en las grietas de la madera para rellenarlas.

## D

**Decapante:** Material quitapinturas, capaz de ablandar la capa vieja para que pueda

ser raspada o eliminada. Puede ser ácido (a base de ácido fénico), alcalino (lejía), limpiador (muy diluido, para puertas, ventanas, etc.), neutro (cera o parafina como retardador).

**Decapé:** Decoloración de las maderas por medios químicos hasta quedar casi blancas.

**Derrame:** Moldura en forma de bisel. Corte oblicuo en los huecos de las puertas y ventanas para que entre más luz.

**Descansillo:** superficie horizontal de mayor tamaño que la huella del peldaño, que sirve para separar dos tramos consecutivos de una escalera. Ver, rellano, meseta

**Descansillo de cuarto de vuelta:** descansillo rectangular entre dos tramos rectos perpendiculares entre sí.

**Descansillo de media vuelta:** descansillo rectangular entre dos tramos de ida y vuelta.

**Desembarco:** meseta final en donde desemboca el último tramo de una escalera

**Dintel:** Parte superior de una puerta o ventana. Pieza horizontal, apoyada en sus dos extremos, destinada a soportar una carga.

**Duramen:** Zona interior del árbol que no conduce la savia ni tiene células vivas.

**Durmiente:** Madero colocado horizontalmente y sobre el cual se apoyan otros, horizontales o verticales.

## E

**Ébano:** Madera tropical de color negro, de consistencia densa y muy dura.

**Ebap:** Madera guineana blanca grisácea y estribo oscuro.

**Ebein:** Madera de Guinea semejante al Roble.

**Ebonizar:** Oscurecer una madera de textura similar a la del ébano, para imitarlo.

**Echumé:** Madera de Guinea de color pardo rojizo, parecida a la caoba

**Ellelón:** Madera de Guinea de color gris rosado, de grano muy fino y homogénea, apreciada en ebanistería

**Elón:** Roble africano

**Embarbillar:** Ensamblar maderas con muescas y barbillas.

**Embarrar:** Revoque o enlucido de barro.

**Embarrotado:** Conjunto de barrotes, por lo general lisos que forman una barandilla.

**Embelsa:** Pieza de madera que va a morir en el extremo de la cornisa.

**Embroschalado:** Maderamen destinado a soportar un piso cuando, por la presencia de un hueco, no se puede apoyar la vigueta en el muro.

**Embroschalar:** Sostener por medio de una viga atravesada, las que no pueden cargar en la pared.

**Embutido:** Pequeñas piezas encajadas y encoladas en cajas, en superficies de madera para decorarlas. Son de diversos materiales.

**Empalmar:** Ensamblar de testa.

**Empalme:** Ensambladura o unión de dos piezas para que queden en prolongación.

**Empanelado:** Revestido de una pared por medio de placas de material rígido y de madera en particular.

**Emparrillado:** Cuadrulado de listones o largueros de madera, formando celosía de tabique o de cielo raso.

**Empernar:** Clavar o asegurar con pernos.

**Encina:** Madera de color oscuro procedente del árbol del mismo nombre, que se ennegrece si se expone mucho al aire; es muy duradera y resistente.

**Enclavijar:** Ensamblar con clavijas.

**Enchuletar:** Repasar una superficie de madera aplicándola chuletas (meterle piezas delgadas de madera).

**Endentar:** Unir dos piezas de carpintería de forma que la una encaje en la otra por medio de dientes y rebajes.

**Enebro:** Madera de color blanco amarillento y amarillo rojizo en el centro, procedente del arbusto del mismo nombre.

**Engargolado:** Ranura por la que se desliza una puerta de corredera.

**Engatillada:** Obra de madera para techar.

**Enlatado:** Entablado o enlistonado.

**Enlistonado:** Tableado por medio de

listones, con un ancho inferior a los 5 cm para cada elemento.

**Enlistonar:** Colocar listones para formar un enlistonado.

**Enmaderamiento:** Empanelado de una pared a base de chapas de madera que no llegan hasta el techo.

**Enmaderar:** Revestir un cielo raso con tablas de madera.

**Enrasar:** Unir superficies costado a costado, obteniendo una sola, lisa.

**Ensamblaje:** Unión, junta ensamblada.

**Ensamblar:** Unir, ajustar o acoplar distintas piezas de madera, por medio de cortes especiales que permiten la inclusión de una pieza en el seno de otra.

**Ensamble:** Unión permanente de dos piezas de madera, cuya superficie de contacto adopta una forma especial, que les permitirá acoplarse y ajustarse con mayor solidez, aumentando la superficie de contacto y por consiguiente, la del encolado. Pueden ser A caja de espiga, A cola de milano, A inglete, A media madera, A tenaza.

**Entabladura:** Revestimiento de madera.

**Entablar:** Cubrir, cercar, fijar o asegurar con tablas cualquier elemento o superficie.

**Entablillado:** Entarimado efectuado con piezas estrechas.

**Entablonado:** Superficie, por lo general horizontal y formando piso, construida con tablones sin cepillar, de gruesos de 5-8 cm y anchos 15-22 cm.

**Entalladura:** Talla

**Entalle:** Obra de entalladura.

**Entarimar:** Superficie formada por una sucesión de tablas de madera pulida, cuyas piezas tienen un grueso inferior a los 5 cm y una anchura que no alcanza los 11 cm. Puede ser A la francesa, A la inglesa, Al largo, De fantasía, De juntas alternas, De punto de Hungría, de Espina de pez y Liso.

**Entarugado:** Revestimiento del suelo por medio de tarugos de madera.

**Entramado:** Estructura de madera que forma el esqueleto de una pared o techo.



**Entrega:** Parte de una viga o elemento que se introduce en la pared.

**Escalera:** elemento de unión transitable entre distintas plantas

**Escalera necesaria:** Dependiendo de las ordenanzas particulares, es la escalera que es exigible para poder acceder a todas las plantas de un edificio. A ésta se pueden adicionar otras (de evacuación, de incendios, decorativas, etc.)

**Escalón:** Peldaño

**Escuadra:** Instrumento de madera, metal o celuloide que adopte la figura de un triángulo isósceles. Sirve para trazar líneas y formar un juego de plantillas para delineación y asegurar las ensambladuras de dos planos perpendiculares de madera.

**Escuadrada:** Madera de hilo.

**Espaldar:** Armazón de madera colocado sobre una pared o formando tabiquillo independiente, destinado a soportar plantas de tipo enredadera.

**Espaldón:** parte maciza y saliente que queda de un madero después de abierta una entalladura.

**Espárrago:** Vástago roscado

**Espiga:** Parte más estrecha de un escalón de caracol, por la cual se une al alma o eje central. Parte saliente de una pieza que debe ensamblar en la cabeza de otra para formar la correspondiente unión.

**Espigón:** espiga acabada en forma de punta. Columna central o Esqueleto: Armadura, armazón. núcleo de una escalera de caracol

**Estereotomía:** Arte de cortar piedras o maderas.

**Estribo:** Apoyo en forma de hendidura. Herraje para suspensión o apoyo de una pieza.

**Euritmia:** Buena disposición y correspondencia entre las diversas partes de una obra de arte.

**Eyén:** Madera de Guinea amarillo limón, ligeramente veteada, parecida al limoncillo.

## F

**Faja:** Moldura ancha y de poco vuelo

**Fajón:** Recuadro ancho de yeso dispuesto alrededor de puertas y ventanas sustituyendo a las molduras de madera.

**Falca:** Defecto de una tabla o madero que les impide ser lisos.

**Falleba:** Varilla de hierro acodillada en sus dos extremos y sujeta en varios anillos, que sirve para cerrar las hojas de puertas, ventanas y postigos.

**Falsa lengüeta:** Pieza de madera o tablero contrachapado que permite unir dos piezas de madera en dos ranuras del mismo espesor. Reemplaza a la espiga.

**Fascia:** Moldura ancha y plana semejante a una cinta.

**Fieltro:** Especie de paño no tejido, fabricado con un conglomerado de borra, lana o pelo.

**Fenda:** Separación de las fibras en el sentido longitudinal.

**Fieltro:** Especie de paño no tejido fabricado con un conglomerado de borra, lana o pelo.

**Filete:** Moldura de forma de faja lisa que separa molduras de distinto diseño o elemento superior de una cornisa.

**Fisura:** Grieta o hendidura que presenta un recubrimiento.

**Fleje:** Tira metálica por lo general flexible, de escasa anchura y muy poco grosor con aplicaciones decorativas en pavimentos de terrazo y ciertos tipos de paredes.

**Floreo:** Curva o remate en forma de hoja con que se terminan pletinas y barras en barandillas.

**Forrar:** Revestir

**Frente:** Fachada. Cara principal.

**Frente rehundido:** Cara rebajada.

**Fresno:** Árbol oleaico, corpulento, cuya madera muy dura y elástica es muy estimada pero difícil de trabajar.

**Friso:** Moldura. Faja que suele pintarse o aplicarse en la parte inferior de las paredes.

**Fuelle:** Sistema de plegado tipo acordeón que adoptan las puertas corrugables.

**Fundición:** Hierro obtenido por fusión de chatarra y colado en moldes.

## G

**Gabón:** Ébano negro, llamado así por ser originario del Gabón africano

**Gafa:** Pieza metálica que une los marcos de madera de puertas y ventanas a la pared.

**Galce:** Ranura en el canto de un tablero para permitir su machihembrado. Ranura que lleva la carpintería para facilitar su acristalamiento.

**Gálibo:** Plantilla que se utiliza para comprobar un perfil. Figura ideal, cuyo perfil marca las dimensiones máximas de la sección autorizadas para permitir el paso.

**Gallón:** Moldura. Labor ornamental en cuarto de bocel que representa la cuarta parte de un huevo.

**Garganta:** Parte más delgada de una columna, balaústre y otros elementos semejantes.

**Gargol:** Ranura en que se hace encajar el canto de una pieza de carpintería.

**Gateada:** Madera americana muy compacta que se emplea en ebanistería.

**Gato (escalera de):** Escalera formada por elementos metálicos empotrados a la pared donde se fijan los peldaños.

**Goma:** Exudado vegetal de ciertas plantas o árboles, solubles en agua, que se utilizan como vehículo en pinturas y barnices: arábica o blanca (acacias del Nilo), copal, dammar, laca (ciertos árboles orientales)

**Gomero:** Madera procedente del árbol del mismo nombre empleado en estructuras de muebles para imitaciones de caoba.

**Gonzalo Alves:** Madera brasileña de color canela claro, estriada en castaño rojizo muy dura y resistente.

**Gorguera:** Moldura de perfil cóncavo. Collarino.

**Gozne:** Combinación de dos pequeñas piezas metálicas que forman juego y permiten el giro de puertas y ventanas con sus bastidores, o de las tapas respecto a las arcas.

**Grajón:** Herraje de carpintería en forma

de escarpia o grapa de gran tamaño y que sirve para asegurar tubos, fallebas, etc.

**Gramil:** Instrumento de madera, con punta de acero, para trazar paralelas sobre madera.

**Granadillo:** Árbol americano de madera dura y grano fino de color rojo y amarillo, muy apreciada en ebanistería. Una de las maderas más caras del mundo.

**Grano grueso de la madera:** Grano caracterizado por la presencia de células de madera relativamente grandes y/o anillos anchos e irregulares (Norma EN 8448.1997)

**Grano fino de la madera:** Grano caracterizado por la presencia de células relativamente pequeñas y/o anillos de crecimiento estrechos y regulares.

**Guardavivos:** Moldura de carpintería que se coloca en las esquinas para protegerlas o para evitar que las aristas sean demasiado vivas.

**Guarnecer:** En carpintería, poner molduras al marco, puerta, ventana, etc.

**Guarnecido:** Acabado ornamental a base de molduras.

**Guarnición:** Tira delgada de madera u otro material con el que se rematan los bordes de un panel para protección del chapado. Herrajes de un mueble.

**Guillotina:** Sistema de apertura de una ventana que se desliza verticalmente por guías correderas situadas en el lateral del marco.

**Guri:** Tipo de laca japonesa basada en la superposición de capas lacadas en las que la ornamentación se efectúa por medio de incisiones.

## H

**Haces:** En carpintería y cantería, caras labradas de un cuerpo.

**Hacha:** Antorcha, madera de hacha. Desbastada toscamente.

**Haya:** Madera de color leonado claro, muy compacta, dura y fácil de curvar. Se utiliza en trabajos de calidad media.

**Hendidura:** Resquebrajadura en forma de red, que interrumpe la continuidad de una pintura.

**Herraje:** Conjunto de piezas de hierro con que se guarnece una puerta, ventana, postigos, etc.

**Hilo:** En la dirección de la veta de un tablón. Cortar en el sentido de la veta.

**Hinchazón radial:** Hinchazón de la madera perpendicular a los anillos de crecimiento (Norma EN 8443.1995)

**Hinchazón tangencial:** Hinchazón de la madera en la dirección tangencial a los anillos de crecimiento (Norma EN 8443.1995)

**Hueco:** Abertura en una pared. Puertas y ventanas.

**Huella:** Parte horizontal de un peldaño

**Huevo:** Moldura decorativa a base de óvalos.

**Hundido:** Plano rebajado

## I

**Iguala:** Listón de madera a manera de regla que se utiliza para reconocer e igualar el plano horizontal de un pavimento.

**Ilomba:** Nombre comercial internacional de la madera de Calabó.

**Imbuaya:** Madera de Nogal brasileño

**Imposta:** Faja que corre horizontalmente a la altura de los forjados.

**Indentación:** Muesca o escotadura hecha en un borde.

**Intradós:** Superficie interna.

**Iroko:** Madera de Teca africana.

## J

**Jacarandá:** Árbol americano tropical cuya madera se conoce también como Palisandro.

**Jamba:** cada uno de los elementos verticales de mampostería, ladrillo o madera, que sostienen un arco o dintel de puerta o ventana.

**Jequitibá:** Árbol brasileño de madera ligera y blanca, utilizada en carpintería y ebanistería. Existe una variedad rosácea.

**Junquillo:** Moldura redonda y más delgada que el bocel. Listón de madera que se

utiliza en la sujeción de los cristales en sus bastidores cuando hay galces.

**Junta:** Línea de empalme o superficie por la que se hace un empalme.

## K

**Khaya:** Caoba africana

**Kingwood:** Madera inglesa parecida al Palo rosa, de color castaño rojizo.

**Koa:** Madera filipina muy dura, con estrías marcadas y cruzadas. Su color es castaño oscuro.

## L

**Laben:** Árbol de Madagascar cuya madera exótica es muy dura.

**Labrado:** Torneado o tallado de la madera. Grabar la madera en trabajos de ornamentación.

**Laburno:** Madera dura susceptible de gran pulimento, de color amarillo claro con estrías marrones.

**Laca:** Barniz al alcohol. Pintura o barniz brillante capaz de secar con rapidez por la evaporación del vehículo volátil que llevan incorporado.

**Lacería:** Talla recortada a base de motivos geométricos.

**Lacinia:** Moldura formada de hojas que se coloca en el borde de los arcos ojivales.

**Lambeta:** Listoncillo de madera que se encaja en las ranuras labradas a lo largo de los cantos de dos tablas para ensamblarlas.

**Laña:** Grapa sólida para sujetar tablones entre sí o a un muro.

**Lapacho:** Árbol americano cuya madera se usa en construcción y ebanistería.

**Larguero:** Pieza de madera de gran longitud en relación al grosor y el ancho, que se dispone a lo largo de una obra.

**Laricio:** Pino albar

**Latonero:** Amez

**Lauán:** Caoba filipina.

**Laurel:** Madera procedente del árbol del mismo nombre, dura y de color castaño.



**Lazo:** Ensamble de dos piezas de madera, de manera semejante.

**Lengüeta:** Espiga prolongada que llevan algunas piezas de madera en una o varios de sus bordes para ensamblar en la ranura de otra pieza formando machihembrado.

**Librillo:** Listón vertical que une las tablillas de una persiana móvil.

**Liébana:** En Santander, madera de Roble.

**Lignum vitae:** Madera procedente de las Indias Orientales, muy pesada. Tuvo importancia en el estilo Estuardo.

**Limba:** Madera de akom, muy utilizada en molduras, contrachapado y carpintería.

**Limón:** Galicismo. Apoyo de una escalera en el lado del vano. Zanca

**Limonero:** Árbol de procedencia asiática de madera clara y fino veteado que se utiliza en construcción.

**Línea de contrahuella:** Línea que une idealmente todos los cantos anteriores de los peldaños.

**Línea de huella (o de paso):** recorrido virtual de la escalera que reproduce el recorrido ideal de los usuarios y se sitúa a 55 cm del borde interior en las escaleras normales y 35/45 cm en las estrechas o de trazado curvo.

**Linóleo:** Tela impermeable, formada por un tejido de yute cubierto por una capa de corcho de linaza y colorante.

**Listón:** Tabla estrecha y poco gruesa de madera que se utiliza en carpintería.

**Lóbulo:** Arco de tracería gótica.

**Longitud del paso:** Distancia a la que se desplaza el pie en marcha normal. Sobre un plano horizontal es de 63 cm aproximadamente.

**Longitud de un tramo:** Dimensión desde el canto anterior del peldaño de arranque hasta el canto anterior del peldaño de salida, medida en planta sobre la línea de huella.

**Lupia:** Notable excrecencia leñosa caracterizada por la presencia de fibra ondulada (Norma EN 8448.1997)

## LI

**Llamador:** Aldaba, picaporte.

**Llave:** Pieza intermedia de fijación que se usa en ciertos tipos de ensamble. Clavija de madera que se utiliza para apretar ensambles. Herraje para abrir cerraduras.

## M

**Macasar:** Ébano estriado procedente del puerto de Macasar.

**Machihembrar:** Ensamblar dos piezas de madera a caja y espiga.

**Madero:** Pieza larga de madera en rollizo o escuadra.

**Magnolia:** Tulipán americano.

**Mahogany:** Nombre inglés con el que se conoce comercialmente a la madera oscura verdosa de la India.

**Maidou:** Madera oriental muy veteada y decorativa.

**Mainel:** Elemento vertical que divide la luz de una ventana. Barandilla de una escalera.

**Makore:** Nombre original de la madera de ukola.

**Malla:** Vetas alargadas de aspecto claro-nacarado y brillante, producidas principalmente por el roble al serrarlo en el sentido radial.

**Mampelaño:** mampirlán.

**Mampirlán:** listón de madera o refuerzo metálico con que se guarnece el borde de los peldaños en las escaleras de obra.

**Mampirlán:** mampirlán.

**Manija:** Mango, cojedor o tirador.

**Marco:** Bastidor rectangular que forma un cerco.

**Marquetería:** Taracea.

**Mástil:** Pie derecho. Espigón. Núcleo central de una escalera de caracol.

**Media caña:** Moldura cóncava cuyo perfil es por lo general un semicírculo.

**Mediobocel:** Moldura que adopta la figura de la mitad de un bocel.

**Melocotonero:** Árbol frutal de madera rosácea veteada y muy dura que se emplea en trabajos de torno.

**Melojo:** Roble negral.

**Ménsula:** Elemento que sobresale del plano vertical para servir de apoyo.

**Meseta:** descansillo

**Mezanina:** Vano que sirve de ventana en las buhardillas y que tiene forma apaisada.

**Mirilla:** Pequeña apertura circular que llevan algunas puertas. Ventanillo.

**Mirto:** Madera americana de color amarillo con marcas rizadas.

**Moabí:** Ayab

**Mocheta:** Ángulo diedro entrante que se deja en la esquina de la pared de la jamba de una puerta o ventana, donde se aloja el marco.

**Modillón:** Saliente en forma de ménsula.

**Moldura:** Parte saliente aplicada a una superficie plana que se emplea como ornamentación.

**Mondón:** Madera en rollo.

**Montante:** Pieza de madera colocada verticalmente. Pie derecho.

**Mortaja:** Hueco practicado en la pieza que debe recibir la tuerca, en una unión móvil.

**Mostajo:** Madera muy estimada en ebanistería, procedente del peral.

## N

**Nariz:** Mampirlán. Ligera desviación del ángulo recto del bastidor de una puerta o ventana.

**Negra:** Madera de roble con vetado de color negro.

**Negral:** Pino negral.

**Niangón:** Madera de África occidental, de color rosa pardo pta para carpintería exterior.

**Nogal:** Madera de color rojo amarillento con vetas pardonegruzcas, muy resistente, fácil de trabajar y capaz de adquirir un lustre acusado.

**Nudo:** Excrecencia desarrollada en los árboles que da origen a un vetado muy particular.

## O

**Obeche:** Madera de Ayous

**Ofoss:** Madera guineana de color castaño con grano de finura media.

**Ojo:** hueco que separa dos tramos de escalera

**Ojo de pájaro:** Veteado de la madera, parecido al 'ojo de perdiz', pero con los ojos más grandes.

**Okoume:** Okume: Madera guineana muy apreciada, de color rosa salmón más o menos pálido.

**Olem:** Madera guineana de color castaño rosáceo, grano medio y fibras rectas.

**Olivo:** Madera procedente del árbol del mismo nombre, de color amarillo ligeramente agrisado, con vetado irregular y textura dura.

**Olmo:** Madera de color amarillo oscuro, de textura parecida al roble, procedente del árbol del mismo nombre.

**Olong:** Madera guineana de color amarillento y aguas claras. Se aplica para tableros contrachapados.

**Omga:** Madera guineana muy resistente, ligera y de grano fino. Presenta un bello color amarillo con espejuelos nacarados en sección radial.

**Ovalo:** Curva plana y cerrada empleada como moldura.

## P

**Painel:** Cada uno de los compartimentos, limitados por fajas y molduras, en que se dividen las hojas de puertas, etc.

**Palastro:** chapa metálica de refuerzo. Platabanda.

**Palisandro:** Árbol tropical con madera de grano fino, color rojo oscuro vetado, empleado en ebanistería para muebles de calidad.

**Palo:** Trozo de madera más largo que grueso. Cada uno de los listones verticales de un respaldar.

**Panel:** Tablero de madera sostenido por un marco o bastidor del mismo material en el que se empotra, alojándose en una

acanaladura dispuesta al efecto.

**Pasamanos:** Elemento constructivo adecuado para ayuda de los usuarios como ayuda, sobre la barandilla y/o pared o mástil. Remate de la barandilla de una escalera, por lo general de madera. Paramento. Cara.

**Paso:** medida del avance medio de un hombre adulto (entre 60 y 65 cm) en llano.

**Peinazo:** Refuerzo transversal de madera para evitar que un elemento superficial (tablero, hoja, etc.) pueda alabearse. Listón que divide la superficie de una puerta para formar cuarterones.

**Peldaño:** Elemento de apoyo, que situados a distinta altura, conforman los tramos de una escalera y sirve para superar diferencias de altura; generalmente puede recorrerse con un paso. Dependiendo de su sistema de fijación a la rampa pueden ser: apoyado, empotrado, en voladizo o en ménsula, Sinónimo de huella.

Dependiendo su forma en sección puede ser en bloque (con y sin tabica), en cuña y en L y dependiendo de su forma en planta pueden ser rectos, radiales, gironeados o deformados y compensados.

**Peldaño de arranque:** El primer peldaño (inferior) de un tramo de escalera

**Peldaño de salida:** El último peldaño (superior) de un tramo de escalera. Superficie de huella forma parte del rellano o del rellano intermedio.

**Pendiente (de la escalera):** Relación entre la contrahuella y la huella que indica la inclinación de la escalera.

**Peral:** Madera procedente del árbol frutal del mismo nombre; es dura, de tono claro y de veta cerrada.

**Pernio:** Gozne que se coloca en puertas y ventanas y que, muchas veces, constituye un motivo de ornamentación.

**Perno:** Tornillo con cabeza y tuerca.

**Peroba:** Madera de Brasil de color moreno aceitunado claro, de grano fino, trabajo fácil y buen acabado.

**Perpiaño:** Piedra o sillar que atraviesa toda la pared.

**Persiana:** Celosía de tablillas que tiene por objeto regular la entrada de luz sin afectar a la ventilación.

**Pestillo:** Pasador con que se asegura una puerta, corriéndolo a mano como un cerrojo.

**Peterebí:** Madera americana procedente del árbol del mismo nombre, de color que recuerda al castaño, muy resistente y utilizado en ebanistería.

**Peumo:** Árbol chileno, cuya madera, muy dura, se conserva muy bien bajo el agua.

**Pez:** Colofonia

**Pezón:** Cabo, punta, botón.

**Picaporte:** Instrumento para cerrar de golpe las puertas. Aldaba, llamador.

**Picea:** Árbol parecido al abeto común.

**Pico de flauta:** Empalme de dos maderos por junta oblicua a tope, muy extendida, resultando como un empalme de superposición o solapado sin aumento de grosor.

**Pié derecho:** Cualquier tipo de pilar

**Pilarete:** Montante situado en los cambios de pendiente de las escaleras. Es de dimensión mayor que las piezas de la barandilla.

**Pilarote:** Primer montante de la barandilla que generalmente es más grueso y se ha de fijar bien ya que recibe mayores sollicitaciones. Recoge la zanca libre, la barandilla y el pasamanos.

**Pinabete:** Árbol conífero parecido al abeto, de madera blanca y a veces ligeramente rojiza.

**Pinastro:** Pino rodeno

**Pivote:** Extremo de un eje giratorio.

Vástago de hierro que penetra en una matriz o ranura de hierro. Se coloca en los montantes de las puertas para que éstas giren sin verse los mecanismos ni bisagras al exterior.

**Plafón:** Placa manufacturada y enmarcada, utilizado como revestimiento de puertas, paredes y techos.

**Plantilla alargada:** Cercha (ver).

**Plantilla flexible:** Cercha (ver).

**Platabanda:** Palastro.

**Plátano:** Madera muy parecida a la del tilo y haya, empleada para molduras finas.



**Pletina:** Lámina o perfil recto de metal de escasa anchura respecto a su longitud.

**Plinto:** Refuerzo.

**Plumeado:** Efecto de encolar dos o más chapas con vetas oblicuas en espina de pez o pluma de ave.

**Postigo:** Placa de madera que se coloca delante de las ventanas, en la parte interior, protegiendo los cristales y anulando su luminosidad cuando conviene. Se sujeta al marco o al bastidor lateralmente por medio de bisagras.

**Pretil:** Antepecho

**Primavera:** Caoba blanca o de color paja. Profundidad útil de un rellano: Medida libre de la obra acabada, en planta, entre el canto anterior del peldaño y los elementos constructivos adyacentes.

**Puerta:** Elemento plano, por lo general de madera, que cierra o abre un hueco de paso, permitiendo la comunicación entre dos habitaciones o poniendo en contacto el interior de un local con el exterior.

**Puerta carpintera (o de carpintería en relieve):** Es aquella cuya hoja está compuesta por madera y tableros con paramentos que presentan combinaciones decorativas planas y molduradas.

**Puerta emboquillada o engargolada:**

Está formada por una hoja plana con un recercado perimetral de mayor grosor que el resto del paramento.

**Puerta enrasada:** Es aquella en que todo el canto de la hoja queda dentro del galce del cerco, de tal forma que una cara enrasa con éste (Norma UNE 801.89)

**Puerta plana:** Es aquella cuya hoja está formada por dos paramentos planos y paralelos, encolados a un alma situada en el interior de un bastidor.

**Puerta vidriera:** Es aquella en la que existen huecos para acristalar.

**Puntal:** Pieza de madera que se hincan en tierra para sostener una pared o edificio.

**Quejigo:** En Castilla la Vieja, Roble que no ha alcanzado su desarrollo regular.

**Quimera:** Monstruo fantástico que se emplea, con fines ornamentales en pilarotes de escaleras.

**Quitamiedos:** Baranda colocada en un puesto peligroso donde se experimenta vértigo.

## R

**Raigal:** Madera cercana a la raíz del árbol correspondiente.

**Raíz de Olmo:** Madera de color gris.

**Rampante:** Que no está a nivel.

**Rangua:** Pieza de metal que se aloja o empotra en el umbral y que lleva una cavidad para alojar el pivote y facilitar el giro de las puertas.

**Ranura:** En carpintería, entrante que presenta el borde de una pieza de madera para que encaje una lengüeta de la que le sigue. Puede ser postiza.

**Rastrel:** Listones clavados directamente en el suelo o pared para recibir un material de revestimiento.

**Rebajo:** Parte del canto de un tablero que se ha disminuido de espesor por medio del cepillado.

**Recalentada:** Madera podrida por causa de su propia humedad natural.

**Rechupado:** En pintura, embeberse un fondo de color.

**Redondeo:** Curvado de un peldaño (ver curvado)

Regla de la comodidad:

$$H - C = 12 \text{ cm}$$

Regla de la seguridad

$$H + C = 46 \text{ a } 48 \text{ cm}$$

Regla de la longitud media del paso

$$H + 2C = 61 \text{ a } 64 \text{ cm}$$

**Rehundido:** Vaciado, fondo en el neto de un pedestal.

**Rellano:** descansillo. Meseta intermedia de una escalera.

**Renvalso:** Rebaje que se hace en las hojas y ventanas para que encajen el cerco, unas con otras.

**Repecho:** Impropiamente, alféizar.

**Resbalón:** Dispositivo de cerradura sin

## Q

**Tejo:** Madera dura de color castaño ligeramente rojo de fibras densas y extraordinaria resistencia.

**Testa:** Cabeza de una viga o pieza de madera.

**Testa (del peldaño):** Cara del peldaño que da al ojo.

**Thuya:** Madera de color naranja más o menos acentuado, procedente de Canadá. Muy fácil de trabajar, no se apolilla y se utiliza en decoración y ebanistería.

**Tinglado:** Tablado ligero o provisional.

**Tiro:** Tramo.

**Tornapunta:** Pieza inclinada de arriostamiento. Pieza que enlaza los pares con el tirante en las armaduras.

**Torneado:** Labrado decorativo de una pieza de madera por medio del torno.

**Trabazón:** Juntura o enlace entre dos piezas que se unen entre sí.

**Tramo:** Secuencia de peldaños consecutivos. Un tramo de escaleras no debería comprender más de 15-18 contrahuellas sin un rellano o descansillo.

**Tracería:** Configuración peculiar del arte gótico.

**Trasdós:** Superficie externa.

**Travesaño:** Pieza situada horizontalmente en el armazón destinada a soportar esfuerzos de flexión y tracción.

**Tremido:** Tipo de moldura.

**Trepado:** Pintado con trepa

## U

**Ukola:** Madera guineana, de color rosado pálido a rosado rojizo, jaspeada, de grano fino y dura de trabajar.

**Ulcera:** Defecto de la madera, producido por la acumulación de savia.

**Umbral:** Parte inferior o escalón contrapuesto al dintel en la puerta de entrada. Madero que hace de cargadero sobre la puerta.

## V

**Ventana:** Hueco abierto en una pared, para permitir el paso de la luz y radiación solares, al mismo tiempo que la ventilación.

**Virotillo:** Madero corto vertical y sin zapata que se apoya en uno horizontal y sostiene otro igualmente horizontal o inclinado.

**Voltear:** Redondear las aristas.

**Vivo:** Se dice de la arista o el ángulo agudo y bien terminado.

**Vuelo:** Generalmente se hace volar el canto anterior de los peldaños, dándole una forma especial. Con ello se consigue una superficie mayor de pisada. En las escaleras de madera, la propia construcción ya implica que las huellas sobresalgan de las tabicas. Se define como la medida horizontal que vuela el canto anterior de un peldaño por encima de la anchura de la superficie de huella del peldaño inferior. Este vuelo no se tiene en cuenta al calcular la relación entre huella y contrahuella. La anchura real del peldaño se obtiene sumando el vuelo a la huella. El vuelo ha de ser pequeño para evitar que los usuarios tropiecen.

## X

**Xilo-:** Madera en griego

**Xilófago:** Insectos que se alimentan de madera

## Y

**Yate:** Teca de Filipinas.

**Yute:** Tejido de fibra textil del mismo nombre, muy utilizado en revestimientos.

## Z

**Zanca:** Viga de madera sobre la que apoyan los peldaños de una escalera abierta.

**Zanquín:** Rodapié. Pieza que protege la pared en su encuentro con el peldaño.

**Zapatero:** Madera procedente del árbol venezolano del mismo nombre, de color amarillo paja, grano muy duro y fino; se utiliza como el boj en tonería.

# bibliografía

## Bibliografía sobre Carpintería en general

**Contract joinery.** Ken Austin.  
International Thomsom Business  
Publishing. Londres. 1986

**Carpentry and Joinery.** R. Bayliss.  
Stanley Thornes Publishrs) Ltd  
Cheltenham. 1973

**Tratado de ebanistería.** Fritz Spannagel.  
Ed. Gustavo Gili. 1971

**Advance Carpentry & Joinery.** Frank  
Hilton. Ed. Longman Scientific &  
Technical. 1968

**Comment construire en bois.** P. Ricard.  
Editions H. Vial. 1970

**Catálogo de maquinaria española para  
la madera.** Editorial AITIM. 1970

**Villa Mairea.** Architecture in detail. Ed  
Phaidon 1992

**Menuiseries.** Michel Matana. CME  
Editions. 1985

**Carpintería de Madera.** A. Serra  
Hamilton. UNED. Escuela de la Edifica-  
ción. 1989

**Le bati pan de bois.** Patrick de

Maisonneuve. Ed. Electricité de France.  
1993

**Industrias de la madera (carpintería  
fina, carpintería de armar, acondiciona-  
miento, modelería, etc.)** E. Bailleul y J.  
Heurtematte. Ediciones TEA. 1928

**Alrededor del trabajo de la madera.**  
Heinrich Höner. Editorial Reverté. 1965

**Portes, fenetres et autres articles de  
menuiserie.** Conseil Economique et  
Social de Nations Unies. 1973

**Manual completo de la carpintería y la  
Ebanistería.** Albert Jackson y David Day.  
Ediciones del Prado. 1993

**La evolución de la técnica en el empleo  
de la madera de construcción.** Fernan-  
do Nájera y Angulo. IFIE. 1944

**Menuiserie.** Jean Crochemore. Ed.  
Eyrolles. 1987

**The carpenter's assistant.** James  
Newlands. Studio Editions. 1900

**Tecnología de la madera.** Librería  
Salesiana. 1965

**The complete woodworker.** Bernard E.  
Jones. Ten Speed Press. 1980



# Bibliografía sobre puertas

**Carpintería de madera.** J. Ortiz. Fundación Escuela de la Edificación. Madrid 1993. 337 págs.

«Publicación sobre la carpintería de madera que incluye un capítulo sobre las puertas de madera, actualizado en la terminología y la aplicación de la normativa UNE. Contiene amplia información sobre las dimensiones, los diferentes tipos de puertas y la colocación en obra».

**Curso de construcción en madera: Estructuras mixtas, Rehabilitación y Carpintería.** Varios autores. Ed. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid. Madrid, 1989.

«Incluye un capítulo sobre carpintería en el que se tratan las puertas de madera».

**Juntas para ventanas y puertas con las paredes exteriores:** sellantes, su aplicación y detalles de montaje (External walls. Joints with windows and doors-detailing for sealants and application) Ed BRE DAS 68 y 69, diciembre de 1985

**Estanqueidad al agua en puertas que abren hacia el interior** (Inward-opening external doors: resistance to rain penetration) Ed. BRE DAS 67; noviembre 1985.

**Madera para carpintería** (Timber for joinery). ED BRE Digest BRE 321. Mayo 1987. (revista AITIM nº 130, oct-nov-dic 1987)

**224 modelos de puertas.** C. Ayuso. CEAC 1985. (Revista AITIM nº 134, ago-sep 1988)

**Puertas resistentes al fuego.** Fire doors. BRE IP 7/88, 4 págs

**Puertas de interior.** Maccine del Legno nº 1. Enero 1988.

**Puertas resistentes al fuego (Fire doors).** Ed. BRE Digest 320. Abril 1987. Se examina el papel de las puertas contra incendios, los métodos para determinar su comportamiento al fuego y los requisitos definidos en los códigos y reglamentos. (Madera para carpintería (Timber for joinery). ED BRE Digest BRE 321. Mayo 1987. (revista AITIM nº 130, oct-nov-dic 1987)

**Puertas estables al exterior.** Mise au point d'un vantail stable. Ed CTB. Courier de l'Industriel du Bois et de l'Ameublement nº 2/1984. El estudio analiza los parámetros que influyen en la rigidez de las puertas exteriores para establecer su estabilidad frente a atmósferas diferentes. Con los datos obtenidos se propone el diseño de dos tipos de puertas que, experimentadas, confirman los cálculos teóricos realizados. (Revista AITIM nº 119, ene-feb-mar 1985)

**Puertas en Alemania.** La situation de l'industrie de la porte en RFA. Ed. Bulletin d'Informations techniques du CTB nº 109. 1984.

**Arquitectura doméstica canaria.** Fernando Gabriel Martín Rodríguez. Editorial Interinsular. Canaria, S.A. 1978

**Historia de la vida privada.** Del Imperio romano al año mil. Philippe de Aries y Georges Duby. Ed. Taurus 1989.

**Historia de la vida privada (6 tomos).** De la Europa feudal al Renacimiento. Ed Taurus, 1989

**Materiales de puertas y sus herrajes.** Centro de Información técnica de materiales y medios de construcción, 1983.

**80 puertas de madera.** R. Fagueret, R. Roy y G. Laurent. Ediciones Gustavo Gili, S.A. Buenos Aires 1960

**Encyclopédie Diderot et D'Alambert. Menuiserie et Marqueterie.** Ed. Interlivres. Siglo XVII.

**Le bâti pan de bois.** Ed. DAG-isis. Paris 1993

**Actas del Consejo Económico y Social de Naciones Unidas.** Comisión para Europa. Comité de la madera. Agosto 1973.

**Le livre de les belles portes.** Jacques Seray. Éditions H. Vial. Dourdan (Francia) 1997

**Arte Antiguo del Asia Anterior.** A. Blanco Freijeiro. Universidad de Sevilla. 1981

**Materiales de puertas y sus herrajes.** Monografías técnico-informativas de materiales y medios nº 10. Ignacio Santos de Quevedo y Julio Grijalba. 1983

**Proyectos y construcción de puertas.** Wolfgang Nutsch. Ed. CEAC. 1994

**Puertas Planas.** Manual. Ed AITIM. 1972

## Bibliografía sobre ventanas

**Carpintería de madera.** J. Ortiz. Fundación Escuela de la Edificación. Madrid 1.993. 337 págs.

«Publicación sobre la carpintería de madera que incluye un capítulo sobre las ventanas de madera. Contiene amplia información sobre los diferentes tipos de ventanas, ensayos de calidad e instalación en obra. Incluye el cálculo completo del balance energético de una ventana de madera».

**Fenêtres performances, conception et exemples.** Cahier nº 127. CTBA. Centre Technique du Bois et L'Ameublement. Paris 1.990. 128 págs.

«Interesante análisis sobre los diseños de las ventanas y su influencia en la calidad. Incluye numerosos planos de prototipos de ventanas y condiciones a cumplir por las juntas de estanqueidad para lograr su correcto funcionamiento».

**Manual del vidrio.** Centro de Información Técnica de Aplicaciones del Vidrio (CITAV). Madrid 1.994. 325 págs.

«Publicación sobre las características generales y usos del vidrio. Incluye una completa gama de productos, normas de puesta en obra, datos técnicos para diseño y normativas relacionadas con el vidrio».

**Colocación en obra de carpintería.** J. Ortiz y F. Arriaga. AITIM. Madrid 1.985. 73 págs.

«Descripción de los principales métodos de instalación en obra de las ventanas de madera que añade un estudio del comportamiento físico-mecánico de las espumas de poliuretano».

**Manual de la ventana.** MOPU. Madrid 1.988. 162 págs. M. Mendizábal.

**Juntas entre paredes y ventanas.**

Jointing window to wall. BRE Information Paper IP 7/83. (revista AITIM nº 119, ene-feb-mar 1985)

**Principios de puesta en obra de carpintería exterior.**

Principes de mise en oeuvre de menuiseries exterieures). Ed. Courier de l'industriel du bois nº 4/84

**Construcción de dos prototipos de ventanas de madera**

Construction de deux prototypes de fenestres a ossature de bois. Courier de l'industriel du bois nº 4/84 (39 págs)

**Tratamiento de superficies de ventanas de madera.**

Traitment de surfaces des fenestres en bois. ED. Femib 1985. Esta monografía da un repaso a los tipos de ventanas, indicando para cada uno sus propiedades y defectos, así como la técnica más correcta para su aplicación.

**Juntas para ventanas y puertas con las paredes exteriores:**

sellantes, su aplicación y detalles de montaje (External walls. Joints with windows and doors-detailing for sealants and application) Ed BRE DAS 68 y 69, diciembre de 1985

**Ventanas: resistencia a la penetración de agua de lluvia por las juntas perimetrales**

(Windows: resisting rain penetration at perimeter joints) ED BRE DAS 98. Abril 1987 (revista AITIM nº 130, oct-nov-dic 1987)

**Madera para carpintería** (Timber for joinery). ED BRE Digest BRE 321. Mayo 1987. (revista AITIM nº 130, oct-nov-dic 1987)

**260 modelos de ventanas.** C. Ayuso CEAC 1986. (Revista AITIM nº 134, ago-sep 1988)

**Carpintería exterior: sellado de testas y control de la humedad.** External joinery: end grain sealers and moisture control BRE Information paper IP 20/87. Presenta el resultado de una investigación para determinar el efecto favorable del sellado de las testas de piezas de madera de carpinterías exterior para reducir las variaciones de la humedad y obtener mejores resultados de los recubrimientos. (Revista AITIM nº 134, ago-sep 1988)

**Dossier de ventanas**

Dossier fenestres. Ed. CTB 1981. Este dossier recoge los resultados de estudios del CTB publicados en su mayoría en la revista Courier de l'Industriel et de l'Ameublement. Se divide en cuatro capítulos:

- 1 Estanqueidad de los ensambles: estanqueidad de las uniones del cerco uniones entre montantes del cerco y vierteaguas perfilados en continuo
- 2 Estanqueidad de las juntas de vidrio drenaje de los galces eficacia de algunos sellantes
- 3 Unión con el muro puesta en obra. Técnica de compensación de muros comparación de tipos de goterones soluciones en estructuras de madera
- 4 Juntas de estanqueidad entre batiente y cerco influencia de la situación de las juntas tipos de juntas y su resultado (revista AITIM nº 119, ene-feb-mar 1985)

**Historia de la vida privada.** Del Imperio romano al año mil. Philippe de Aries y Georges Duby. Ed. Taurus 1989.

**Historia de los griegos. Historia de Roma.** Indro Montanelli. Plaza y Janés, 1959

**Encyclopédie Diderot et D'Alambert. Menuiserie et Marqueterie.** Ed. Interlivres. Siglo XVII.

**Châsis de fenêtres aux XV<sup>e</sup>, XVI<sup>e</sup> et XVII<sup>e</sup>**



**siecles.** Jean Louis Roger. Editions H. Vial. Dourdan 1985.

**Le bâti pan de bois.** Ed. DAG-isis. Paris 1993

**64 ventanas, contraventanas, puertas de balcón y persianas de madera.** R. Fagueret, R. Roy y G. Laurent. Ed. Gustavo Gili, Barcelona 1957.

**Actas del Consejo Económico y Social de Naciones Unidas.** Comisión para Europa. Comité de la madera. Agosto 1973.

**Huesped del día.** Albert Rafols Casamada. 1998

**Ventana de madera.** Edificación en madera. Cuaderno nº 5. Universidad de Bio-Bio (Chile). 1991

**Arte Antiguo del Asia Anterior.** A. Blanco Freijeiro. Universidad de Sevilla. 1981

**La estructura ausente.** Humberto Eco. Capítulo sobre la denotación arquitectónica. Editorial Lumen, 1974)

**Entre dos palacios.** Naguib Mahfuz. Ed. El Alcor, 1986. El Cairo 1956

**D. Quijote de la Mancha.** Tomo I. Cap 40 'Historia de un cautivo'. Miguel de Cervantes.

**Las confesiones de un pequeño filósofo.** Azorín, 1904

**Prontuario Sika.** Especialidades químicas para la construcción. 1999

**prNF Travaux de bâtiment. Menuiserie en bois.** Partie 1. Cahier des clauses techniques. Oct 1997

**Ventanas. Tecnología y Arquitectura.** H. E. Beckett y J. A. Godfrey. Ed. Gustavo Gili. 1970

# Bibliografía sobre Escaleras

**L'Encyclopedie Diderot et D'Alambert.**  
L'art de la charpente. Inter-livres. Entre  
1751 y 1786

**Escaleras de madera.** Construcción  
artesanal. William Mannes. Ediciones  
CEAC. 1992

**Escaleras. Diseño y construcción.**  
William Mannes. Ed Gustavo Gili. 1985

**Las escaleras en la arquitectura.**  
Christine-Ruth Hansmann. Ed. Gustavo  
Gili. 1994

**Escaliers.** Michel Matana. Editions CME.  
1985

**Escaleras de madera.** Les Compagnons  
de Devoir. 1995

# Indice General

Presentación del Presidente de AITIM	Pág. 7
Prólogo	9
Introducción	11
Agradecimientos	13
<b>I PUERTAS DE MADERA</b>	<b>15</b>
<b>La puerta como elemento arquitectónico</b>	<b>17</b>
<b>Evolución histórica de las puertas</b>	<b>23</b>
La puerta antigua	24
Las puertas en la Edad Media y en el Renacimiento	29
Puertas apeinazadas en el Renacimiento	34
La nueva puerta plafonada	38
Nuevos estilos a comienzos del siglo XX	47
Las puertas en España en el siglo XX	50
La nueva puerta plafonada	54
<b>Diseños y tipologías de puertas</b>	<b>65</b>
Puertas planas	66
Puertas plafonadas	72
Puertas entabladas	81
Puertas castellanas	85
Maderas y chapas	86
Cercos	88
Puertas especiales	93
Puertas resistentes al fuego	93
Puertas de seguridad	112
Puertas aislantes a radiaciones	116
Puertas aislantes acústicas	116
<b>Instalación en obra</b>	<b>119</b>
Colocación tradicional	120
Colocación actual	121
<b>Ferrajes para puertas</b>	<b>129</b>
Ferrajes de colgar	130
Pernios	137
Ferrajes de seguridad	142
Cerrojos	142
Manivelas, manillas o pomos	151
<b>Normalización y certificación</b>	<b>157</b>
Normas sobre terminología	157
Normas relativas al fuego	159
Normativa sobre dimensiones	162
Certificación de puertas planas	163
Certificación de puertas carpinteras	165
<b>VENTANAS DE MADERA</b>	<b>167</b>
La ventana como elemento arquitectónico	169



Evolución histórica de las ventanas	175
La ventana en la Edad Antigua	175
La ventana en la Edad Media	178
Ventanas del Renacimiento	183
La ventana en los siglos XVII y XVIII	192
La ventana en los siglos XIX y XX	203
<b>Tipologías de ventanas</b>	<b>215</b>
Simbologías	216
Ventanas a la francesa	219
Ventana a la inglesa	220
Ventana mirador	221
Ventana pivotante	223
Ventanas abatibles	227
Ventanas correderas y de guillotina	231
Ventanas oscilobatientes y oscilcorrederas	235
Normalización terminológica	235
<b>Diseño de la ventana de madera</b>	<b>239</b>
Perfiles	240
Factores de diseño	242
Perfiles de madera maciza	251
Perfiles de madera laminada	258
Perfiles de madera-aluminio	261
Accesorios de estanquidad	263
<b>Herrajes para ventanas</b>	<b>267</b>
Evolución histórica	268
Herrajes de cierre	275
Herrajes de cuelgue	279
Herrajes de ventanas pivotantes	283
Herrajes para hojas basculantes	284
Herrajes de ventanas correderas y de corredera coplanar	286
Herrajes de guillotina	287
Herrajes de ventanas abatibles y oscilobatientes	291
Otros herrajes	293
<b>Juntas</b>	<b>295</b>
<b>El vidrio en la carpintería</b>	<b>303</b>
Desarrollo histórico	303
Historia del vidrio	304
Fabricación del vidrio	306
Tipos de vidrio	306
Instalación del vidrio	351
Sello del acristalamiento	316
<b>Ventanas especiales</b>	<b>325</b>
Ventanas acústicas	325
Ventanas acústicas mejoradas	329
<b>Normalización y certificación de ventanas</b>	<b>337</b>
Normas de aislamiento térmico	340
Normas de aislamiento acústico	341
Certificación de ventanas	347
<b>Colocación en obra de ventanas</b>	<b>349</b>
Colocación húmeda	350

Colocación en seco	351
Sellado de juntas en obra	355
<b>Persianas y postigos</b>	<b>361</b>
Postigos o fraileros	363
Persianas	364
<b>III TECNOLOGÍA DE PUERTAS Y VENTANAS</b>	
<b>Evolución tecnológica de la carpintería</b>	<b>373</b>
Tecnología de la carpintería	379
Invariantes tecnológicos de la carpintería hasta el siglo XX	382
Fabricación industrial de puertas	389
Fabricación industrial de ventanas	393
<b>Protección y acabado de la carpintería al exterior</b>	<b>397</b>
Protección de la madera	403
Acabado de la madera	414
<b>IV ESCALERAS DE MADERA</b>	<b>419</b>
La escalera como elemento arquitectónico	421
<b>La escalera en la historia</b>	<b>425</b>
La escalera en la Edad Antigua	425
La escalera de caracol en la Edad Media	427
Escaleras de barandilla superpuesta	430
Escaleras de ojo central	433
Escaleras suspendidas	435
Escaleras curvilíneas	437
Escaleras a la inglesa	442
La revolución del siglo XX	446
<b>Diseño de escaleras</b>	<b>451</b>
Zancas a la francesa	451
Zancas a la inglesa	459
Zancas pardañas o cremalleras	463
Zancas de madera laminada	467
Peldaños	469
Descansillos, rellanos o mesetas	487
Revestimiento y protección del hueco	490
Barandillas	492
Pasamanos	510
Pilaretes y cubillos	514
Pilarotes o pilaretes de arranque	515
<b>Tipologías de escaleras</b>	<b>519</b>
Tipologías estructurales	519
Tipologías constructivas	521
Tipologías por trazado	522
<b>Trazado de escaleras</b>	<b>533</b>
El trazado	533
Trazado de zancas y cremalleras	536
Trazado de los peldaños	541
Trazado de barrotes y balaustres	543
Trazado de escaleras por ordenador	544
Realización de planos	545

<b>Compensación de peldaños</b>	<b>549</b>
Método del desarrollo	550
Método de los cuellos iguales	552
Método del rastrillo	553
Trapezio de compensación	555
Curvado de los peldaños	557
Método del semicírculo	558
<b>Dimensionado de escaleras</b>	<b>559</b>
Desarrollo de la escalera	559
Ancho del paso	563
Dimensionado de distintos tipos de escaleras	565
<b>Despiece</b>	<b>567</b>
<b>Armado</b>	<b>571</b>
Escaleras de madera maciza	571
Escaleras de madera laminada	573
<b>Instalación en obra</b>	<b>575</b>
Levantamiento de la caja e instalación	575
La instalación clásica	578
Colocación de una escalera a la francesa	580
Colocación de una escalera en voladizo	580
Colocación de escaleras de entramado ligero	581
<b>Materiales</b>	<b>583</b>
La madera	583
Materiales conexos	586
<b>Normas</b>	<b>587</b>
<b>Acabados</b>	<b>589</b>
V ANEXOS	593
<b>Normalización de puertas y ventanas</b>	<b>595</b>
Antecedentes	595
Normas europeas comunes a puertas y ventanas	598
Normas europeas de ventanas	603
Normas europeas de puertas	604
Otras normas nacionales de puertas	607
Otras normas nacionales de ventanas	608
Normas tecnológicas de la edificación	610
Equivalencias entre las propiedades básicas	612
<b>Glosario</b>	<b>615</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>631</b>
<b>Índice General</b>	<b>637</b>
<b>Especies y chapas de madera en puertas y ventanas</b>	<b>641</b>
<b>Directorio comercial y sello de calidad AITIM</b>	<b>648</b>



# Especies más habituales

## utilizadas en chapas de puertas y en perfiles de ventanas

Se muestran seguidamente las chapas más habituales empleadas como revestimiento de puertas.

A continuación se hace lo propio con perfiles de ventanas.

Se trata de un montaje fotográfico realizado sobre la clásica moldura de puerta plafonada que sirve sólo como orientación ya que la escala entre el dibujo y la madera no siempre es el adecuado.

En el caso de las ventanas se ha optado por un perfil que presenta mucha madera. Todas las especies aparecen sin barnizar por lo que el color es más apagado que si lo fuera. Como es sabido, el barniz no sólo potencia el brillo sino también la intensidad del color.

También ha de tenerse en cuenta la gran variabilidad de tonos y dibujos dentro de cada especie. Se ha escogido un patrón estándar de cada especie lo que asegura un dibujo de la madera y un color también estándar.



**Abedul**



**Acajou**



**Alerce**



**Aliso**



**Arce**



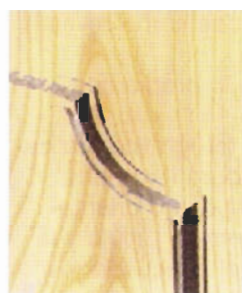
**Bubinga**



**Calabó**



**Caoba de América**

**Caoba de Cuba****Castaño****Cedro Amarillo****Cedro del Atlas****Cerezo****Framire****Fresno blanco****Guatambú****Haya****Iroko****Jatoba****Lauan Blanco****Mansonia****Meranti****Moabi****Mongoy**





**Movinguy**



**Niangón**



**Nogal**



**Okume**



**Palisandro**



**Palo Rosa**



**Pino Amarillo del Sur**



**Pino Oregón**



**Pino Silvestre**



**Ramín**



**Samba**



**Sapelli**



**Sásafra**



**Sipo**



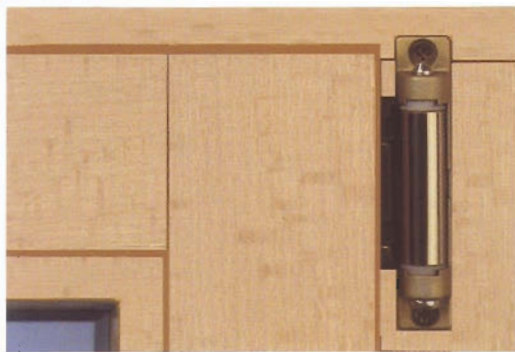
**Teca**



**Zapatero**



**Abeto****Amaranto****Andiroba****Bubinga****Caoba de Africa****Caoba de América****Castaño****Cedro del Atlas**

**Cedro del Himalaya****Cedro del Líbano****Ciprés****Elondo****Framire****Haya****Iroko****Jatoba**





**Lauán**



**Mansonia**



**Merbau**



**Meranti Rojo oscuro**



**Moabi**



**Niangón**



**Pino canario**



**Pino Insignis**



**Pino Laricio****Pino Oregón****Pino silvestre****Ramín****Roble****Sapelli****Sipo****Teca**