2025 | 16·20
GIJÓN | JUNIO
9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1189

Organiza

Sociedad Española de Ciencias Forestales
SECF

El empleo de la madera y derivados en la fabricación de ventanas: un reto no resuelto

Guillermo Riesco Muñoz

Resumen

Para fabricar componentes longitudinales de ventanas se solía emplear la madera, debido a su disponibilidad y precio asequible, junto con la facilidad que ofrece para ser mecanizada y obtener los perfiles de sección compleja que una ventana requiere. Sin embargo, los elementos de madera de la ventana expuestos a la intemperie se degradan y sufren contracción e hinchazón ante los cambios de humedad ambiental. Esto ocasiona que la ventana pierda cualidades estéticas y funcionalidad (menor resistencia mecánica, menor impermeabilidad frente al agua, ruido, viento, etc.). Para evitar estos inconvenientes se necesita el mantenimiento periódico de los productos de recubrimiento de la madera, a lo cual el usuario es remiso, o bien se debe combinar la madera con materiales más resistentes (metales, plásticos), que cubren la madera expuesta al exterior de forma que esta pasa a ser un armazón cubierto por perfiles de un material más duradero. La durabilidad de la madera también puede mejorarse mediante tratamientos químicos o físicos, aunque estos encarecen el producto y lo hacen menos competitivo.El empleo de la maderaen ventanas debe basarse, por tanto, en consideraciones ambientales, estéticas, de recuperación de tradiciones, etc. dado que no es el material más apto ni el más barato para fabricar ventanas.

Palabras clave

Construcción con madera; carpintería de huecos; aislamiento; durabilidad.

1. Introducción

En una edificación la ventana cumple la doble finalidad de proporcionar un hueco en el muro y cerrar un hueco (VIGNOTE PEÑA y MARTÍNEZ ROJAS, 2006). Hasta el siglo XIX la madera era casi el único material que se utilizaba para fabricar ventanas (ARRIAGA MARTITEGUI et al, 1994). Desde entonces la madera ha pasado a ser un material más que se utiliza en la construcción de ventanas, ya sea en combinación o bien compitiendo con otros materiales como hierro, acero, aluminio, cinc, poliuretano, PVC, etc. (EIMIL FRAGA et al, 2022; ORTIZ GUTIÉRREZ y MORENO BERROS 1988).

Los componentes de madera en una ventana son casi siempre perfiles longitudinales o bastidores muy mecanizados: precercos, cercos, maineles, hojas, contraventanas y tapajuntas (ARRIAGA MARTITEGUI et al, 1994; VIGNOTE PEÑA y MARTÍNEZ ROJAS, 2006).

El precerco es un bastidor de madera que se ancla al hueco existente en el muro a fin de resolver el enlace entre los materiales de carpintería de huecos (puertas, ventanas) y los materiales de la obra de albañilería (ladrillo, bloque de hormigón, placas de material aislante, etc.). La unión entre la obra de albañilería y la de carpintería no es sencilla puesto que la precisión en las dimensiones de los acabados en la obra de fábrica es inferior a la precisión que se alcanza en los elementos de carpintería, que muy frecuentemente llegan prefabricados a la construcción (BLANCHET et al, 2024), como es el caso de la ventana que sale de fábrica acabada y lista para instalar (unidad de hueco de ventana). Los perfiles del precerco actúan, por tanto, como elementos que es aconsejable introducir para resolver la transición carpintería-albañilería y pueden constituir parte del trabajo de albañilería o bien pueden formar parte del trabajo de carpintería (figura 1).

Figura 1. Precerco con detalle de la unión entre montantes y travesaños.

El precerco se fabrica con madera sin valor decorativo, dado que es un bastidor que quedara oculto en la oba acabada. Por otra parte, el cerco es el bastidor perimetral fijo de la ventana, que se ancla al precerco, o directamente a la pared en ausencia de precerco. En el cerco tiene importancia la calidad de la madera dado que esta será parte visible de la carpintería de la ventana. En el interior del cerco se encuentra la hoja, que es fija o móvil y está formada por un bastidor con paneles, generalmente de vidrio (NUTSCH, 1992) (figura 2).

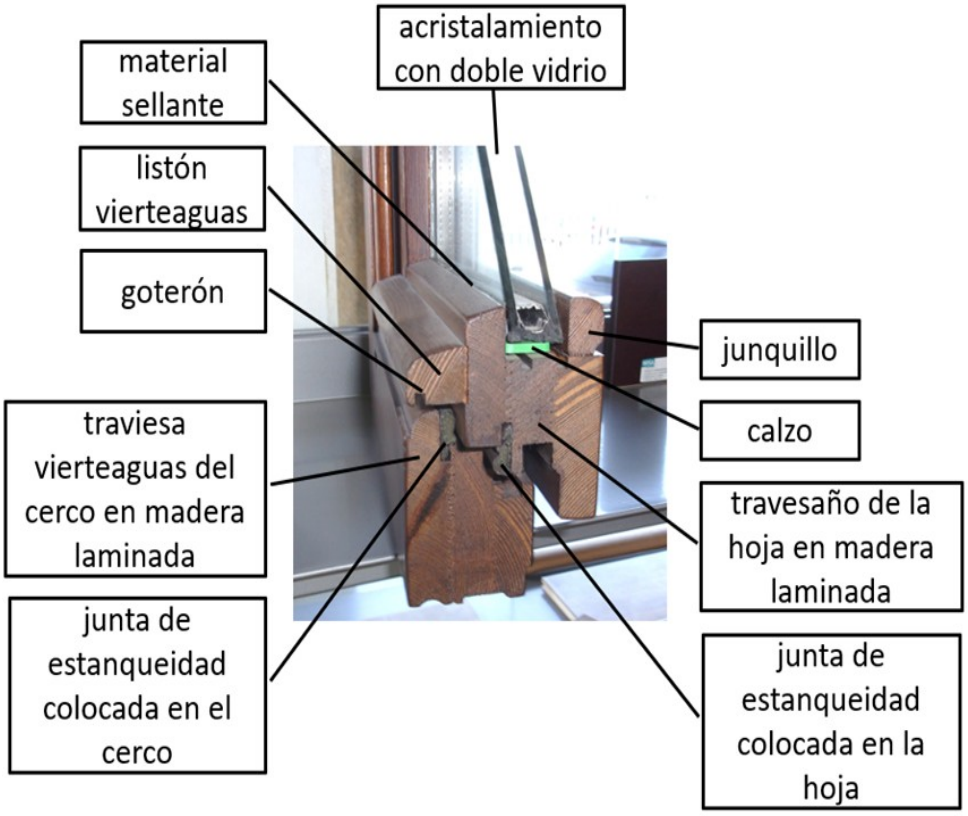

Figura 2. Sección de una ventana en la que cerco y hoja están fabricados en madera laminada, con las láminas ensambladas mediante unión dentada.

Figura 3. Vierteaguas de aluminio para proteger los planos de encolado del travesaño inferior del cerco en ventanas de madera laminada.

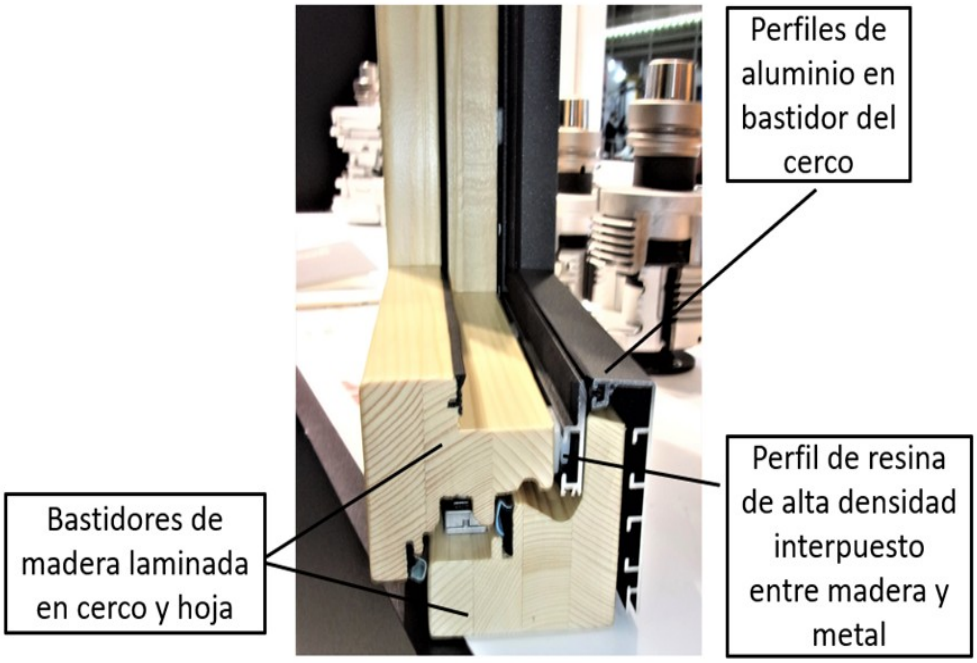

Figura 4. Sección de bastidor de ventana mixto o híbrido, compuesto por madera laminada y aluminio.

Figura 5. Bastidores de ventana mixtos, con los perfiles de madera hacia el interior. Arriba: madera maciza y aluminio; abajo: madera maciza y PVC.

El principal agente de deterioro de la madera al exterior no es la humedad del ambiente sino la acción directa de la lluvia, que, entre otras afecciones, ocasiona pérdida de material a causa del lavado de constituyentes hidrosolubles de la madera. Por ello, con vistas a reducir el contacto del agua con los elementos de madera de la ventana, sobre el travesaño inferior de la hoja y hacia el exterior se dispone un listón moldurado vierteaguas en tanto que sobre el travesaño inferior del cerco se puede fijar una peana y una traviesa vierteaguas, para alejar del plano de la obra el agua exterior que resbala (figura 2).

La traviesa vierteaguas lleva un canal de desagüe en el mismo galce donde asienta la hoja batiente. El listón vierteaguas o el travesaño inferior de la hoja llevan labrado inferiormente un canal (goterón) cuyo objetivo es que el agua pierda la adherencia con la madera y caiga por la gravedad a la cámara de evacuación (canal de desagüe), sin llegar a la zona de contacto entre hoja y cerco (ORTIZ GUTIÉRREZ y MORENO BERROS 1988) (figura 2). El canal de desagüe de la traviesa vierteaguas actúa como cámara de descompresión y de canalización del agua que se infiltra entre la traviesa o peana y el travesaño inferior de la hoja. En el canal se generan turbulencias, con lo que se reduce la velocidad del aire y el agua vierte del canal hacia el exterior por orificios que pasan a través de la traviesa vierteaguas

(ORTIZ GUTIÉRREZ y MORENO BERROS 1988).

La solución anterior, que consiste en exponer de forma directa la madera a la intemperie pero disponiendo orificios de desagüe, planos inclinados y goterones para facilitar la salida del agua hacia el exterior de la construcción, es mucho menos eficiente que la solución basada en la colocación de perfiles metálicos protectores de la madera, al menos en los travesaños inferiores de cercos y hojas, que son los que más sufren el hostigo del agua. De hecho, la vida útil de la ventana de madera puede pasar de 10 a 60 años cuando es revestida al exterior con perfiles metálicos, ya sea la zona inferior del bastidor (figura 3) o todo el perímetro del mismo (figura 4). Los avances tecnológicos más recientes, en cuanto a construcción y revestimiento de edificios con madera, van dirigidos hacia los productos híbridos, con la intervención de nuevos materiales (BLANCHET et al, 2024).

Los perfiles mixtos de madera y aluminio tuvieron su origen en Suiza en 1920, se desarrollaron mucho en Alemania y actualmente son frecuentes en España. Estas ventanas están constituidas por un bastidor de madera (chasis) protegido del exterior mediante perfiles del aluminio, que cubren el travesaño horizontal inferior o bien todo el perímetro del bastidor (ARRIAGA MARTITEGUI et al, 1994; VIGNOTE PEÑA y MARTÍNEZ ROJAS, 2006).

Los perfiles de madera y aluminio deben estar algo separados para que se ventile el hueco entre ambos materiales y no se produzca condensación. Como el coeficiente de dilatación térmica es muy diferente en los dos materiales, las uniones aluminio - madera deben tener un cierto grado de elasticidad, que se consigue rellenando estas uniones con materiales elásticos: resinas de alta densidad o placas de poliamida (figura 4). Por otra parte, para asegurar la impermeabilidad del bastidor metálico de recubrimiento de la madera, los ensambles en ángulo de los perfiles de aluminio deben ser estancos (ARRIAGA MARTITEGUI et al, 1994).

Para mejorar la función aislante de la ventana, en la unión entre las hojas y hacia el exterior se colocan listones de madera llamados tapajuntas. Su efectividad como aislante depende de la dirección de incidencia del viento sobre el plano de la ventana (ORTIZ GUTIÉRREZ y MORENO BERROS 1988).

Para asegurar la funcionalidad de la ventana, en su fabricación e instalación no basta con emplear madera sino que entran en juego elementos que no son de madera sino de materiales sintéticos (figuras 2, 3 y 4). Se trata de los vidrios, las juntas de estanqueidad, los calzos, los perfiles metálicos para la protección de la madera y los herrajes, que son elementos, generalmente metálicos, de anclaje a la obra, de ensamblaje y de maniobra de la ventana (NUTSCH, 1992; ARRIAGA MARTITEGUI et al, 1994). En concreto, una característica esencial de la ventana como es su impermeabilidad depende en gran parte de la junta de estanqueidad, que es un material sintético más o menos elástico (neopreno, cloruro de polivinilo, siliconas, etc.) que se incorpora a la ventana entre las partes fijas y las partes móviles (ORTIZ GUTIÉRREZ y MORENO BERROS 1988; NUTSCH, 1992) (figuras 2, 3 y

4). Para que la junta sea eficaz debe formar un solo plano y debe estar situada más hacia el interior que el canal de desagüe de la traviesa vierteaguas (VIGNOTE PEÑA y MARTÍNEZ ROJAS, 2006).

2. Exigencias de calidad en ventanas

La ventana es un elemento difícil de diseñar para que sea eficaz, puesto que debe cumplir a la vez dos funciones a priori antagónicas: ofrecer estanqueidad en un muro pero debe permitir el paso de la luz y en la mayor pare de los casos ha de ser además practicable. En consecuencia, cuando la madera y sus derivados se destinan a la fabricación de ventanas, deben presentar las características que aparecen recogidas en las normas europeas UNE-EN 14220:2007 (para ventanas de exteriores) (AENOR, 2007a) y UNE-EN 14221:2007 (para ventanas de interiores) (AENOR, 2007b). Mediante los ensayos que se describen en las normas anteriores se comprueba la capacidad aislante, la resistencia mecánica al viento y la estanqueidad de las ventanas en servicio frente al aire y el agua (Real Decreto 1367/2007 y normativa autonómica correspondiente). El ensayo de resistencia al fuego y control de humos en las ventanas practicables se realiza según establece la norma UNE-EN 15269-3:2023 (AENOR, 2023). Además de la resistencia a las acciones exteriores, en la ventana se ha de comprobar la resistencia a las solicitaciones debidas al uso (ARRIAGA MARTITEGUI et al, 1994; VIGNOTE PEÑA y MARTÍNEZ ROJAS, 2006).

En los apartados 2.1 a 2.4 se muestra que la madera solo es decisiva para la funcionalidad de la ventana en dos aspectos: la resistencia mecánica frente al viento (sección suficiente en los perfiles) y la estanqueidad frente al agua (diseño adecuado de listones y traviesas vierteaguas).

2.1. Aislamiento térmico e impermeabilidad al aire

La capacidad aislante de la ventana frente a la temperatura exterior depende del tipo de acristalamiento (sencillo, doble, triple, doble ventana) y de que las filtraciones de aire estén controladas mediante juntas de estanqueidad de calidad y dispuestas correctamente (ORTIZ GUTIÉRREZ Y MORENO BERROS 1988; VIGNOTE PEÑA y MARTÍNEZ ROJAS, 2006) (figuras 2 y 3). Las ventanas que no ajustan bien, que no están bien selladas y en las que los elementos de maniobra no funcionan correctamente son ventanas permeables al aire, constituyendo un punto de la fachada a través del que se producen grandes pérdidas de calor (ALAIN & GENEVIEVE, 2024).

Las pérdidas debidas a filtraciones se cuantifican mediante el ensayo de permeabilidad al aire, que evalúa el caudal de aire que pasa a través de las juntas de la ventana para una presión dada (150, 300 o 600 Pa), o su equivalente en velocidad del viento, por unidad de superficie de ventana o por metro lineal de junta. Se determina el patrón de variación de la permeabilidad de la ventana: metros cúbicos de aire que se infiltran por hora y metro cuadrado de superficie de

apertura en función de la velocidad del viento (ARRIAGA MARTITEGUI et al, 1994; VIGNOTE PEÑA y MARTÍNEZ ROJAS, 2006).

2.2. Aislamiento acústico

La capacidad insonorizante de una ventana depende de la masa de la propia ventana y de su comportamiento ante la filtración de aire (ORTIZ GUTIÉRREZ Y MORENO BERROS 1988). Influye especialmente el espesor del acristalamiento, de modo que cuanto más grueso y pesado es el vidrio mayor es el aislamiento acústico. Para una insonorización eficaz se precisa doble acristalamiento, tanto mejor cuanto mayor es la separación entre vidrios. Además, para que la vibración del vidrio no se transmita al bastidor, la unión vidrio-madera debe realizarse con materiales de sellado elásticos (figuras 2 y 3).

2.3. Estanqueidad al agua

La estanqueidad al agua de una ventana es el tiempo que transcurre sin que se produzcan infiltraciones de agua hacia el interior cuando el lado exterior está sometido a un efecto combinado de agua y viento.

En el ensayo de estanqueidad al agua se prueba la ventana frente a una combinación de agua y aire a cierta presión (desde 150 a más de 500 Pa, según el tipo de ensayo). El éxito de la prueba depende principalmente de la posición de la junta de estanqueidad, de los listones tapajuntas, de los vierteaguas y de la correcta canalización del agua (ARRIAGA MARTITEGUI et al, 1994; VIGNOTE PEÑA y MARTÍNEZ ROJAS, 2006; PERAZA SÁNCHEZ et al, 2021).

2.4. Resistencia al empuje del viento

En el ensayo de resistencia al viento se comprueba que el elemento más desfavorable de la ventana no sufre una deformación superior a 1/300 de su luz frente a una presión determinada (de 500 a 2.000 Pa, según el tipo de ensayo), no sufre ningún deterioro aparente frente a otra presión más baja pero que se repite en varios ciclos (400 a 1.600 Pa, según el tipo de ensayo) y frente a una presión concreta muy alta y de corta duración (900 a 3.000 Pa, según el tipo de ensayo). El éxito de la prueba depende principalmente de que la sección de los perfiles sea suficiente, de la rigidez de los herrajes (principalmente fallebas y españoletas) y de la posición adecuada de la cerradura o falleba en el perfil (ORTIZ GUTIÉRREZ Y MORENO BERROS 1988; VIGNOTE PEÑA y MARTÍNEZ ROJAS, 2006).

3. Características de la madera para la fabricación de ventanas

Los perfiles para ventanas pueden realizarse en madera maciza o combinando madera y acero, madera y aluminio o madera y PVC (figura 5). Como los perfiles de

madera para ventanas reciben mucha mecanización en carpintería, el material de partida debe estar prácticamente libre de defectos, lo cual se logra con madera laminada o bien con madera maciza muy seleccionada para que presente pocos defectos (NUTSCH, 1992).

Las maderas para ventanas deben ser preferentemente las que tienen veta decorativa, con anillos de crecimiento homogéneos y con pocos nudos (figura 5). En las caras vistas de los perfiles se admiten nudos sanos y adherentes, siempre de diámetro inferior a 5 cm. En las caras ocultas, y en las que van a tener algún tipo de revestimiento que oculte la madera, se admiten nudos sanos y adherentes de cualquier tamaño, así como nudos muertos de menos de dos tercios de la anchura de la cara del perfil. No se admiten nudos en los peinazos de los vidrios (travesaños horizontales) ni en los puntos de ensamble. Los peinazos desempeñan una función resistente por lo que deben tener sección suficiente para soportar el peso de los vidrios sin sufrir una deformación excesiva (NUTSCH, 1992; ARRIAGA MARTITEGUI et al, 1994).

En las caras vistas se admiten fendas de hasta 30 mm de largo, 5 mm de profundidad y 0,5 mm de grosor. En las caras ocultas se admiten fendas de hasta un tercio de la longitud del elemento, 10 mm de profundidad y 1 mm de grosor.

En madera para ventanas no deben admitirse acebolladuras, pudriciones ni ataques de insectos. Los hongos cromógenos no son aceptables en piezas que van a ser barnizadas, aunque las que han de recibir algún revestimiento que oculte la madera (pintado, lacado, chapeado) pueden presentar hasta un 20 % de su superficie infectada por hongos cromógenos.

En la norma alemana DIN EN 942:2007-06 (DIN, 2007) solo se admiten bolsas de resina de hasta 5 mm de anchura y 50 mm de largo. No se acepta la presencia de fibra espiralada con inclinación superior a 2 mm/m (NUTSCH, 1992).

Ante tales exigencias de calidad, no son muy abundantes las especies de maderas aptas para fabricar perfiles de ventanas: abeto rojo (*Picea abies*), afromosia (*Pericopsis elata*), afzelia (*Afzelia africana*), alerce (*Larix* sp.), castaño (*Castanea sativa*), cebrano (*Microberlinia brazzavillensis* y *M. bisulcata*), cedro rojo o de Canadá (*Thuja plicata*), haya (*Fagus sylvatica*), iroko (*Chlorophora excelsa*), lauán (*Shorea* sp.), meranti (*Shorea* sp.), moabi (*Baillonella toxisperma*), niangón (*Heritiera utilis* y *H. densiflora*), pino de Oregón (*Pseudotsuga menziesii*), pino laricio (*Pinus nigra*), pino radiata (*Pinus radiata*), pino silvestre (*Pinus sylvestris*), pinos amarillos del sur de Estados Unidos (*Pinus echinata, P. elliotti, P. palustris, P. taeda*), roble (*Quercus* sp.), sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), secuoya (*Sequoia sempervirens*), sipo (*Entandrophragma utile*), teca (*Tectona grandis*), tola (*Gossweilerodendron balsamiferum*), etc. (NUTSCH, 1992; PERAZA SÁNCHEZ et al, 2021).

Los perfiles de madera para ventanas deben tener al menos 45 mm de espesor

para conseguir la rigidez que exigen los ensayos de calidad. En ventanas abatibles hacia el interior las secciones mínimas serán de 45 × 65 mm, aunque es aconsejable emplear secciones sobredimensionadas desde el punto de vista mecánico (56 × 65 mm o superiores) para permitir el empleo de vidrios dobles, herrajes y otras piezas embutidas (ORTIZ GUTIÉRREZ y MORENO BERROS 1988; VIGNOTE PEÑA y MARTÍNEZ ROJAS, 2006). El precerco debe tener un espesor de al menos 30 mm y una anchura mínima de entre 40 a 80 mm, dependiendo del grosor del cerco.

En la fabricación de ventanas se evitará el empleo de maderas muy blandas. En concreto, la dureza de la madera sobre la cara tangencial debe ser al menos 1,3 según el ensayo de dureza Monnin descrito en la norma UNE 56534:1977 (IRANOR, 1977). Debe ser madera mecánicamente resistente, especialmente ante las solicitaciones de compresión y ante los esfuerzos de flexión dinámica (resistencia al impacto). Esto va asociado a que la densidad de la madera seca al aire sea al menos de 450 kg/m^3 para madera de coníferas y al menos 530 kg/m^3 en madera de frondosas.

Las piezas aserradas de madera para fabricar ventanas han de estar secas (humedad entre el 10 y el 15 % para coníferas y frondosas tropicales; humedad inferior al 12 % para frondosas de zonas templadas) y han de ser muy estables dimensionalmente ante los cambios de humedad, para mitigar desajustes futuros durante la vida útil de la ventana (que ha de ser de al menos 20 años en ventanas prefabricadas). Así mismo, deben ser maderas muy durables (frente a la intemperie y frente a los organismos xilófagos) o deben estar tratadas en caso de tener baja durabilidad natural (NUTSCH, 1992; ARRIAGA MARTITEGUI et al, 1994).

La madera deberá ser fácil de trabajar y admitirá la impregnación con agentes protectores así como el recubrimiento con pinturas y barnices.

4. Mecanizado de perfiles

Las piezas de madera que componen una ventana se obtienen mediante un laborioso proceso de mecanizado, que incluye todas o algunas de las siguientes fases:

- aserrar tablones, sobredimensionados respecto de la dimensión del producto final
- cepillar y aplanar las superficies hasta las dimensiones finales del perfil
- repasar o reparar nudos
- fresar galces o rebajes para alojar las juntas de estanqueidad y los vidrios
- taladrar orificios y acanaladuras de desagüe en los galces de apoyo de los cristales, para evitar focos de humedad permanentes
- mecanizar alojamientos para insertar herrajes

- retestar a la longitud deseada
- labrar testas de perfiles
- unir perfiles mediante ensambles de carpintería fina.

La unión de perfiles se realiza mediante ranura y lengüeta (caja y espiga). La unión es más firme con un espigado doble o triple frente a uno simple, si el grosor del perfil lo admite. Las ranuras y las lengüetas se labran en la fresadora con el disco de ranurar o con la máquina espigadora-ranuradora. Las mortajas de montantes y travesaños se realizan con la fresa de cadena o con la mortajadora (cajeadora). En las uniones en ángulo los perfiles verticales llevan la caja y los horizontales llevan la espiga. Cuando los perfiles a unir son estrechos el ranurado es pasante (NUTSCH, 1992).

Como la durabilidad de la madera es diferente en la cara radial y en la tangencial, debe tenerse en cuenta qué cara va a quedar expuesta al exterior en el mecanizado de los perfiles.

La diversidad de procesos de extracción de material a partir del tablón para fabricar ventanas se realiza en centros de mecanizado CNC (máquinas de control numérico), que constan de uno o dos cabezales de taladro con husillos horizontales y verticales, sierra ranuradora y otros útiles de mecanizado (SALVADOR et al, 2007).

5. Madera laminada

Debido a la intensidad del mecanizado, la madera para fabricar ventanas ha de presentar muy pocos defectos. Los lotes de madera limpia son muy caros por lo que en el norte de España y en el norte de Europa es muy habitual acudir a los perfiles en madera laminada, debido a su precio, más asequible que el de la madera maciza libre de defectos. Los productos de madera laminada se fabrican con piezas prismáticas saneadas, en las que se ha eliminado gran parte de las singularidades o discontinuidades del tejido leñoso. Así mismo, la madera laminada es dimensionalmente más estable debido a la disposición de la orientación de los anillos de crecimiento en las diferentes láminas encoladas que forman la pieza de madera laminada (PERAZA SÁNCHEZ et al, 2021; AENOR, 2022).

Los perfiles laminados están constituidos por dos o más láminas de madera encoladas, que pueden llevar las testas ensambladas con unión dentada encolada de alta resistencia (figuras 2, 3 y 4). El espesor de las láminas dependerá del tipo de ventana y del acristalamiento (ORTIZ GUTIÉRREZ, 1987). La humedad de las piezas ha de estar entre el 8 y el 12 %. En madera laminada es posible conseguir grandes escuadrías (de 75 × 63 mm a 145 × 84 mm) y longitudes de 600 a 6.000 mm.

La exposición de las líneas de encolado al exterior debe ser la menor posible, para que queden más protegidas frente a la humedad (ARRIAGA MARTITEGUI et al,

1994).

6. Productos de recubrimiento y tratamientos protectores de la madera

Para aumentar la vida útil de la ventana, sus componentes de madera que van a quedar expuestos al exterior deben recibir tratamientos protectores, ya sea en fábrica o en obra. Así mismo, mientras la ventana de madera se encuentre en servicio precisa labores de mantenimiento para asegurar su funcionalidad.

Lo deseable es que la ventana esté diseñada de modo que el mantenimiento y la reparación sean lo suficientemente sencillos como para que puedan ser realizados por el propio usuario. La calidad de las ventanas de madera ha mejorado mucho desde los años 60 en cuanto a aislamiento térmico, aislamiento acústico, estanqueidad y también en cuanto a sencillez de mantenimiento. Sin embargo, el usuario no suele recibir orientación sobre mantenimiento y reparación de elementos de carpintería de ventanas y no tiene acceso a dichos servicios.

La necesidad de mantenimiento de la madera puesta en servicio para prolongar su vida útil es un factor clave que hace que este material sea o no competitivo en exteriores frente a otros materiales, como el plástico o el aluminio, para la construcción de ventanas. Lo habitual es que la madera precise someterse a labores de mantenimiento con tal frecuencia que hace a los usuarios decantarse por otros materiales (VIGNOTE PEÑA Y MARTÍNEZ ROJAS, 2006).

La frecuencia en los trabajos de mantenimiento de la madera al exterior depende de la velocidad a la que envejecen los recubrimientos (pinturas, barnices, lacas, etc.). Esa velocidad de degradación depende de varios factores:

- tipo de construcción
- especie de madera
- calidad de la madera
- producto de recubrimiento
- sistema de aplicación
- humedad ambiente
- incidencia de la luz solar
- ataques de organismos destructores de la madera.

Los factores indicados pueden ser consecuencia unos de otros y darse de forma combinada. Este es el caso de las variaciones de humedad ambiental, que provocan cambios dimensionales de la madera, lo que lleva a la aparición de fendas, pérdida de adhesión del recubrimiento y ataques de mohos, hongos e insectos xilófagos (SÁNCHEZ ACOSTA et al, 2007).

El sol y la lluvia son los agentes que más dañan a las ventanas de madera. La radiación ultravioleta procedente del sol degrada las resinas de los productos de acabado y la radiación infrarroja recalienta la superficie de la madera, que se agrieta junto con las capas de revestimiento. A través de las fendas el agua penetra

en la madera, que se vuelve más sensible al ataque de hongos cuando la humedad es suficiente (ARRIAGA MARTITEGUI et al, 1994).

La pintura da color a la madera pero además la protege porque las pinturas contienen pigmentos que dan opacidad, con lo cual protegen de los rayos ultravioleta. De este modo, una pintura es tres veces más resistente y duradera que un barniz, empleando la misma resina como aglutinante. Las pinturas de colores oscuros tienen mayor poder de absorción calorífica por lo que aumentan más la temperatura de la madera. Por ello, en ventanas se aconsejan los colores claros y preferiblemente el blanco (ARRIAGA MARTITEGUI et al, 1994).

Los barnices tienen una composición similar a las pinturas pero sin los pigmentos que actúan de filtro frente a los rayos ultravioleta, salvo los barnices marinos, que sí llevan filtro ultravioleta. Por ello, una capa de barniz al sol y al exterior toma un color azulado, se deteriora y se suele desprender antes de los 7 años, tras los cuales hay que sustituirla por otra capa nueva después de decapar (eliminar la capa anterior). Frente a esto, la pintura aguanta más tiempo antes de aplicar otra mano o ser renovada (ARRIAGA MARTITEGUI et al, 1994; SÁNCHEZ ACOSTA et al, 2007).

Los lasures son barnices mejorados ya que tienen pigmentos que no ocultan la madera pero la protegen frente a los rayos ultravioleta. Además, los lasures son hidrófugos y no forman una capa continua por lo que no se exfolian y se mantiene el intercambio de humedad entre la madera y el ambiente. En consecuencia, para renovar el lasur no hace falta decapar (operación necesaria en pinturas y barnices) sino tan solo lijar ligeramente, lo cual abarata el mantenimiento. Se puede renovar el recubrimiento cada 3-5 años (ARRIAGA MARTITEGUI et al, 1994).

Por su inclinación y su exposición al agua, los vierteaguas son las partes de la ventana en las que antes se deterioran los tratamientos superficiales (pinturas y barnices), por lo cual, actualmente existe una tendencia a prescindir de estos elementos en las ventanas de madera (ROTHOBLAAS 2013).

La protección más eficaz de la madera frente a hongos e insectos es la realizada con productos orgánicos hidrófugos que impregnen la madera en profundidad mediante tratamiento en autoclave (ARRIAGA MARTITEGUI et al, 1994).

El anhidrido acético o el alcohol furfurílico son posibles agentes químicos protectores. Así mismo, mediante nanopartículas se consigue que la madera tenga un comportamiento hidrofóbico, que se retarde el avance del fuego o que los rayos ultravioleta no alteren el color de la madera.

Para aumentar su estabilidad y durabilidad, la madera se somete a un tratamiento físico de termotratado, proceso por el que la madera se calienta a temperaturas en torno a los 200 ºC en ausencia de oxígeno, cambiando de color (toma un tono más oscuro, tostado o rojizo), volviéndose más frágil y fácil de rayar. En climas mediterráneos la madera termotratada se agrieta mucho por lo que este

tratamiento no aumenta la durabilidad.

Mediante residuos de madera, mezclados con polipropileno virgen y un aditivo procedente del tall-oil se producen pellets y perfiles, que son materiales compuestos madera-plástico que se emplean en la fabricación de elementos de ventanas. Los pellets se conforman como láminas y por extrusión mientras que los perfiles se mecanizan (BALLERINI et al, 2007).

7. Ventajas e inconvenientes de la madera en la construcción de ventanas

Entre las numerosas aplicaciones que tiene la madera en la construcción, se encuentra su uso en la carpintería de ventanas. La ventajas de la madera en la fabricación de ventanas son las siguientes:

- es un material fácil de mecanizar y trabajar con máquinas sencillas (corte, cepillado, taladrado, etc.)
- los elementos de madera se pueden unir eficazmente con adhesivos, clavos, tirafondos, pernos y otros conectores
- la naturaleza porosa de la madera hace que ofrezca buen aislamiento térmico
- es el único material de construcción renovable, reutilizable, reciclable y biodegradable
- tiene un coste aceptable de producción, transporte y transformación (UNITED NATIONS, 2021).

Sin embargo, el empleo de la madera en la construcción de ventanas también tiene inconvenientes:

- la madera es un material biológico atacable por agentes bióticos y abióticos, que se degrada si está en contacto permanente con el agua o expuesta a la radiación solar
- sus dimensiones finales en servicio varían con los cambios de la humedad ambiente
- su trabajabilidad es limitada ya que es un material que no se puede fundir ni soldar
- falta mano de obra cualificada para construir con madera.

Por otra parte, el empleo de la madera en la construcción genera impactos ambientales, que se detectan al analizar el ciclo de vida del producto. Para ayudar en este análisis se cuenta con la base de datos gratuita, oficial y de libre acceso OPENDAP, en la que se puede consultar y/o introducir información ambiental de diversos productos de la construcción. Incluye una clasificación taxonómica de los productos de madera para la construcción y pretende armonizar a nivel europeo el formato de los datos de carácter ambiental.

Una encuesta realizada a profesionales de la arquitectura ha dado a conocer que los beneficios ambientales, la estética única, el valor histórico y la sostenibilidad son los aspectos que se citan como principales motivadores para la prescripción del uso de la madera en la fabricación de ventanas. Además, los encuestados enfatizan el aspecto ecológico como la consideración más importante en la utilización de productos derivados de la madera, por encima de los factores económicos y tecnológicos. Las preocupaciones comunes de los encuestados giran en torno a la calidad y el mantenimiento a largo plazo de los productos de madera (KITEK KUZMAN et al, 2024).

La mejora de la eficiencia energética de edificios con valor histórico se puede lograr sustituyendo las ventanas antiguas de madera pro otras fabricadas con materiales más eficientes desde el punto de vista del aislamiento térmico. Sin embargo, esta práctica es desaconsejable debido a que afecta negativamente a la estética del edificio y a la rentabilidad económica de la intervención, además del valor patrimonial que puede tener la carpintería de las ventanas en ciertas construcciones. La ventana histórica es un detalle arquitectónico que vale la pena preservar también por el respeto por el patrimonio arquitectónico del entorno del edificio (figura 6). Sí es aceptable la “actualización” de la ventana para satisfacer las necesidades energéticas modernas (STRZAŁKA-ROGAL, 2024), restaurando con ventanas de madera las construcciones históricas que se desea conservar y respetar (ALI, 2024).

Figura 6. Rehabilitación del Monasterio de San Domingos de Bonaval (Santiago de Compostela). Se han instalado dobles ventanas, con madera de castaño en los componentes de las ventanas que quedan expuestos al exterior. El color es un tono de rojo que se usaba tradicionalmente en Galicia.

8. Conclusión

La madera se ha empleado tradicionalmente para la construcción de ventanas ya que no existían alternativas más económicas para fabricar los diversos elementos longitudinales que constituyen la estructura de la ventana: montantes y travesaños de hojas, cercos y precercos, peinazos, etc. Sin embargo, el deterioro de la madera en servicio cuando está expuesta a la intemperie ocasiona pérdida de resistencia mecánica y un incremento de la permeabilidad de la ventana. Por ello, son necesarias labores periódicas de mantenimiento (repintar o repasar para reponer las capas de producto de recubrimiento, eliminar revestimientos para lijar y aplicar otros nuevos), a lo cual no suele estar muy predispuesto el usuario. Otra opción es combinar la madera con materiales más resistentes, metales o plásticos, que cubren la madera situada al exterior o bien se debe mejorar la durabilidad natural de la madera mediante tratamientos químicos o físicos, como el termotratado, con lo cual se encarece el producto y la madera deja de ser un material ventajoso económicamente, por lo que el impulso al empleo de la madera en la construcción de ventanas debe basarse en consideraciones de tipo ambiental, de respeto al patrimonio histórico, de recuperación de materiales tradicionales o bien otras razones que puedan esgrimirse dado que no es el material más apto ni el más barato para fabricar ventanas.

9. Bibliografía

AENOR. 2007a. UNE-EN 14220:2007. Madera y materiales derivados de la madera para ventanas exteriores, hojas de puertas exteriores y cercos de puertas exteriores. Requisitos y especificaciones. AENOR, Madrid. 25 pp.

AENOR. 2007b. UNE-EN 14221:2007. Madera y materiales derivados de la madera para ventanas interiores, hojas de puertas interiores y cercos de puertas interiores. Requisitos y especificaciones. AENOR, Madrid. 21 pp.

AENOR. 2022. UNE-EN 14080:2022. Estructuras de madera. Madera laminada encolada y madera maciza encolada. Requisitos. AENOR, Madrid. 122 pp.

AENOR. 2023. UNE-EN 15269-3:2023. Extensión de la aplicación de los resultados de ensayo de resistencia al fuego y/o control de humos para puertas, persianas y ventanas practicables, incluyendo sus herrajes para la edificación. Parte 3: Resistencia al fuego de conjuntos de puertas de madera pivotantes y batientes y ventanas practicables con estructura de madera. AENOR, Madrid. 173 pp.

ALAIN, A. N., & GENEVIEVE, M. S. Energy Renovation for Zero-Carbon Buildings in Cameroon: Methodology. Volume 9, Issue 7, July – 2024 International Journal of Innovative Science and Research Technology

ALI, A. A. 2024. Heritage Architecture of Saudi Arabia.

ARRIAGA MARTITEGUI, F., GONZÁLEZ ÁLVAREZ, M. A., MEDINA GALLEGO, G., ORTIZ GUTIÉRREZ, J., PERAZA SÁNCHEZ, F., PERAZA SÁNCHEZ, J. E., TOUZA VÁZQUEZ, M. C. 1994. Guía de la madera para la construcción, el diseño y la decoración. AITIM, Madrid.

BALLERINI, A.; NÚÑEZ, M.; WECHSLER, A. 2007. Compuestos madera plástico: investigación y aplicación en la Universidad del Bío-Bío. III Congreso Iberoamericano de Productos Forestales IBEROMADERA 2007, Buenos Aires.

BLANCHET, P., PEREZ, C., & CABRAL, M. R. (2024). Wood Building Construction: Trends and Opportunities in Structural and Envelope Systems. Current Forestry Reports, 10(1), 21-38.

DIN. 2007. DIN EN 942:2007-06. Holz in Tischlerarbeiten - Allgemeine Anforderungen. DIN, Berlin.

EIMIL FRAGA, C., FEIJOÓ LOMBAO, B., FERNÁNDEZ LORENZO, J. L., FERNÁNDEZ NÚÑEZ, E., GONTÁN FRAGA, P., GUAITA FERNÁNDEZ, M., ... & RUÍZ GARCÍA, L. 2022. El proyecto Life Lugo+ Biodinámico como experiencia de educación ecosocial. Educación Ambiental y Cultura de la Sostenibilidad, 205.

IRANOR. 1977. UNE 56534:1977. Determinación de la dureza. IRANOR, Madrid. 1 pp.

KITEK KUZMAN, M., ZBAŠNIK-SENEGAČNIK, M., KOSANOVIĆ, S., MILOSHEVSKA JANAKIESKA, M., NOVAKOVIĆ, N., RAJKOVIĆ, I., & GROŠELJ, P. (2024). Architectural Perspectives on Wood Reuse within Circular Construction: A South–Central European Study. Buildings, 14(3), 560.

NUTSCH, W. 1992. Tecnología de la madera y mueble. Reverté, Barcelona.

ORTIZ GUTIÉRREZ, J. 1987. Perspectivas del desarrollo normativo en la carpintería de huecos y recubrimientos. En: Terceras jornadas nacionales de la madera en la construcción. La vivienda de estructura de madera. INIA, ANCOP, Madrid.

ORTIZ GUTIÉRREZ, J.; MORENO BERROS, J. A. 1988. Carpintería y suelos de madera. En: Curso de construcción en madera. Estructuras mixtas, rehabilitación y

carpintería. Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.

PERAZA SÁNCHEZ, J. E.; GONZÁLEZ-PRIETO, Ó.; MIRANDA, J. M. 2021. Cómo se fabrican los productos de la madera (III). AITIM, Madrid.

ROTHOBLAAS. 2013. Handbook for wooden buildings. Cortaccia, Italia.

SALVADOR, G.; JOVANOVSKI, A.; OSES, C. 2007. Experiencias de producción agrupada en pequeñas carpinterías. Estudio de caso en Esquel, Chubut, Argentina. III Congreso Iberoamericano de Productos Forestales IBEROMADERA 2007, Buenos Aires.

SÁNCHEZ ACOSTA, M.; ZAKOWICZ, N.; MASTRANDREA, C.; CUNHA FERRÉ, A. 2007. Comportamiento de cubrientes para exterior aplicados en madera de *Eucalyptus grandis*. III Congreso Iberoamericano de Productos Forestales IBEROMADERA 2007, Buenos Aires.

STRZAŁKA-ROGAL, D. (2024). Historical windows and their impact on the energy balance of the building. Architectus. 78(2), 65-71.

UNITED NATIONS. 2021. Circularity concepts in forest-based industries. FAO, UNECE, Geneva.

VIGNOTE PEÑA, S.; MARTÍNEZ ROJAS, I. 2006. Tecnología de la madera. Mundiprensa, Madrid.