

ELEMENTOS ENCOLADOS



Elementos encolados de madera maciza

80

El empleo de elementos encolados de madera tiene una larga tradición. Las primeras referencias históricas existentes provienen de las civilizaciones china y egipcia, que ya elaboraban tableros alistonados mecanizando cajas y espigas en sus cantos y empleando adhesivos de origen animal.

El progreso de la tecnología de fabricación de productos compuestos por láminas o listones de madera encolada, representó un gran avance en el desarrollo de las aplicaciones de la madera sólida, al permitir obtener piezas de calidad normalizada, en un amplio rango dimensional y con un mejor aprovechamiento de la materia prima.

Durante la fabricación de estos elementos es posible sanear los defectos presentes en la madera maciza, para posteriormente, reconstituir mediante encolado las piezas obtenidas hasta alcanzar productos con dimensiones inimaginables al trabajar con madera sólida.

Estas técnicas permitieron acceder a nuevas aplicaciones que la madera maciza no lograba resolver. La madera laminada encolada, por ejemplo, amplió las posibilidades constructivas de la madera aserrada mediante un proceso de producción en el que es posible obtener piezas estructurales homogéneas que permiten salvar luces de hasta 70 m.

Aunque existen antecedentes históricos notables como los arcos proyectados por Philiberto Delorme en el siglo XVI ensamblando tablas con bridas encoladas y clavadas, el desarrollo industrial de los elementos de madera encolada se produce durante la primera mitad del siglo XX, a consecuencia de los avances logrados en la formulación y fabricación de distintos adhesivos.

Los adhesivos de caseína surgen en el año 1900, los de fenol formaldehído en 1912, los de urea formaldehído en 1930 y los de resorcinol formaldehído, que suponen el avance definitivo en la

fabricación de elementos estructurales de madera laminada encolada, aparecen en el año 1943.

La obra de referencia que inicia el empleo de las aplicaciones estructurales de la madera laminada encolada, se realizó en Suiza en el año 1907 por el carpintero alemán Otto Hetzer que empleó un adhesivo de caseína.

Por otro lado, cada vez más, la madera se está convirtiendo en un bien valorado y escaso y tanto el número de especies disponibles como los turnos de corta de los bosques productivos se han reducido y homogeneizado para satisfacer las necesidades de los mercados actuales.



De este modo, los procesos de fabricación han evolucionado para adaptarse a la materia prima disponible y optimizar su aprovechamiento, propiciando un enorme desarrollo de los elementos de madera encolada como sustitutos de la madera maciza en todo tipo de aplicaciones.

Hoy en día, es posible afirmar que el uso de la madera maciza en aplicaciones estructurales o con las escuadrías necesarias para realizar numerosos elementos de carpintería y mobiliario tiende a desaparecer en Europa. De hecho, algunos países han comenzado a penalizar proyectos públicos que contemplen el empleo de madera sólida

por considerar que supone un gasto innecesario de un recurso escaso para el que existen alternativas que permiten mejorar su aprovechamiento.

Asimismo, desde el punto de vista del secado, la fabricación de productos laminados es una de las opciones más interesantes y eficientes cuando se emplean especies de madera poco permeables, como es el caso del eucalipto blanco, particularmente cuando es preciso emplear grandes esquadras.

Las razones indicadas anteriormente, junto a las propiedades físicas y decorativas del eucalipto, hacen que los productos laminados estén entre los más adecuados para la utilización de su madera, especialmente en aquellas aplicaciones en las que las características mecánicas sean relevantes.

Perfiles laminados

Los perfiles laminados para carpintería suelen obtenerse mediante la unión por encolado de tres láminas de madera, de un espesor superior a 15 mm., previamente saneadas de defectos.

Entre las ventajas de los perfiles laminados cabe destacar los siguientes aspectos:

- Existe la posibilidad de obtener elementos totalmente libres de defectos (nudos, bolsas de resina, fendas, etc.) a partir de piezas de madera de menor calidad.
- Se produce una importante mejora de la estabilidad dimensional, con respecto a la madera maciza.
- Los tiempos requeridos por el proceso de secado se reducen de forma importante al emplearse madera de menor espesor.
- Existe la posibilidad de adaptar la longitud del producto a las medidas especificadas en cada caso.



- Se mejora notablemente el aprovechamiento de la materia prima, tanto desde el punto de vista forestal como del utilizador de los perfiles.
- El producto final es un elemento homogéneo y normalizado en cuanto a su calidad, dimensiones y propiedades.

El proceso de fabricación

Las láminas de madera que forman parte de los perfiles deben cumplir unos requisitos de calidad, variables dependiendo del tipo de aplicación a considerar en cada caso. En general, las

exigencias son mayores para la madera que forma las láminas exteriores. Entre los factores a considerar están los signos de ataque de agentes xilófagos, el azulado, diferencias de color, presencia de albura, desviación de la fibra, fendas transversales o longitudinales, bolsas de resina, nudos y gemas, etc.

La primera exigencia de la madera en el proceso de fabricación de perfiles laminados, viene dada por la humedad. En general, aunque dependiendo de los requisitos de cada producto concreto, el contenido en humedad de la

Tabla 1

Tipo	Aplicaciones	Productos
D1	Aplicaciones en interior con temperaturas menores a 50°C y contenidos en humedad inferiores al 15%.	Muebles de interior.
D2	Aplicaciones en interior con exposiciones ocasionales a condensaciones o goteos.	Muebles de cocina y baño.
D3	Aplicaciones en interior con exposición frecuente a condensaciones, goteos y elevadas humedades, o para aplicaciones de uso exterior bajo cubierta.	Puertas de exterior, ventanas protegidas.
D4	Aplicaciones en interior con exposición frecuente y de larga duración a condensaciones, goteos y elevadas humedades, o para aplicaciones de uso exterior expuestas a la intemperie.	Ventanas, puertas de exterior, elementos estructurales al exterior.

madera que va a formar el perfil encolado debe estar en el intervalo $12 \pm 2\%$. Asimismo, la diferencia de humedad entre las láminas que formen parte de un mismo perfil no debe exceder de dos puntos, con el fin de evitar que se provoquen variaciones dimensionales que puedan afectar a la estabilidad del producto durante la puesta en servicio.

Tras el secado de las láminas, el proceso prosigue con el saneado de las piezas para eliminar los defectos existentes. Normalmente, los defectos son marcados de forma manual sobre la cara de los listones, para aplicar los cortes de saneado de modo automático a través de un lector óptico. El software de optimización permite programar distintas soluciones para el corte de las tablas, considerando

criterios como la reducción de desperdicios, la optimización por calidad, el número de piezas requeridas para completar pedidos concretos, etc.

En los equipos de optimización más modernos, es posible realizar todo el proceso de optimizado de forma automática a través de un escáner capaz de identificar los defectos presentes e las tablas.

Las piezas saneadas de defectos y clasificadas por longitudes, deben ensamblarse longitudinalmente hasta formar las láminas con la longitud deseada. Esta unión se realiza en las testas de cada una de las piezas, mediante ensambles dentados ("finger joint") que se encolan y presan mediante sistemas de presión aplicados en la dirección paralela a la fibra.

Antes de proceder a la formación del perfil, es necesario preparar las cuatro caras de cada una de las láminas. Las láminas cepilladas deben presentar unas superficies limpias y perfectamente lisas, sin presencia de polvo, ni marcas producidas por las cuchillas.

Finalmente se realiza el encolado de las láminas para formar los perfiles laminados mediante prensado. El adhesivo suele aplicarse mediante rodillos, o bien por un sistema de cortina, debiéndose realizar en un plazo breve después del cepillado, para evitar cambios superficiales de la madera que puedan provocar una adherencia defectuosa.

A la salida de la prensa, una sierra retestadora da a los perfiles su longitud comercial definitiva.

El adhesivo

El adhesivo a utilizar debe cumplir las exigencias definidas en la norma EN 204:1991 "Clasificación de adhesivos estructurales para uniones de madera y productos derivados de la madera". Esta norma establece un tipo de cola para cada grupo de aplicaciones, de acuerdo a las condiciones definidas en la Tabla 1.

Para cada tipo de adhesivo, la norma UNE-EN 205:1993 establece los valores mínimos de resistencia a los esfuerzos de cizalladura por tracción, para varias secuencias de acondicionamiento.

Considerando los requerimientos exigidos, los adhesivos más comúnmente empleados en la fabricación de perfiles laminados son colas a base de una dispersión acuosa de acetato de polivinilo (PVAC).

Con motivo de este Proyecto INTERREG, el CIS-Madera ensayó diversas composiciones de adhesivos de Acetato de Polivinilo de tipo D4 para su empleo en la elaboración de perfiles de madera laminada de eucalipto blanco.

Los perfiles fueron elaborados en condiciones estándar de fabricación, empleando presiones de 6-8 Kg/cm², gramajes de 150 gr/m² y tiempos de prensado de unos 25 minutos a temperatura ambiente.

De entre las marcas comerciales ensayadas, los mejores resultados se obtuvieron al emplear adhesivos de viscosidad reducida (inferior a los 100

Tabla 2

REGLAMENTO DEL SELLO DE CALIDAD DE ATIM (METODO A)					
METODO A	Tensión N/mm²	Especificación > 8 N/mm²	Arrastre (%)	Especificación > 72%	Delaminación (%)
Estado inicial	12,58 N/mm ²	CORRECTO	91,2%	CORRECTO	-
Después del ciclo	12,64 N/mm ²	CORRECTO	90,5%	CORRECTO	-
REGLAMENTO DEL SELLO DE CALIDAD DE ATIM (METODO B)					
METODO B	Tensión N/mm²	Especificación > 4 N/mm²	Arrastre (%)	Especificación > 25%	Delaminación (%)
Después del ciclo	10,2 N/mm ²	CORRECTO	70%	CORRECTO	0

poises). Este hecho puede justificarse teniendo en cuenta la elevada densidad de la madera de eucalipto que, en condiciones análogas de prensado, conlleva que un adhesivo de menor viscosidad se extienda mejor por las pequeñas irregularidades superficiales y penetre con mayor facilidad en los elementos anatómicos.

Paralelamente a la experiencia anterior, un lote de perfiles laminados encolados de eucalipto fue remitido a la Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y el Corcho (AITIM) para ser ensayado conforme a las especificaciones definidas en su reglamento del sello de calidad de perfiles de madera laminada encolada para carpintería general.

Dentro de dicho reglamento, la eficacia de un adhesivo y su compatibilidad con una especie de madera se evalúa con uno de los dos métodos que se mencionan a continuación:

- Método A: De cada perfil laminado a ensayar se extraen probetas que se someten a los ciclos de envejecimiento y ensayo que se detallan a continuación:

Ensayos en estado inicial: Tras su acondicionamiento en cámara bajo condiciones normalizadas, las probetas se ensayan con el procedimiento establecido por la norma UNE EN 392 (cortante por compresión con sección de rotura de 5 x 5 cm²) debiendo



alcanzar una resistencia media mayor o igual a 8 N/mm² y un porcentaje medio de madera arrancada en la rotura mayor o igual al 70%.

Ensayos después del ciclo de inmersión: Las probetas se sumergen en agua a 20°C durante 4 días, transcurrido ese tiempo se les elimina el agua superficial con un papel absorbente y son ensayadas inmediatamente conforme a UNE EN 392. La resistencia media obtenida durante el

ensayo deberá ser mayor o igual a 4 N/mm² y el porcentaje medio de madera arrancada en la rotura mayor o igual al 25%.

- Método B: De cada perfil laminado a ensayar se extraen probetas de 50 mm de longitud conforme a la norma UNE EN 392. Estas probetas se someten a los ciclos de envejecimiento y ensayo que se detallan a continuación:

Inmersión en agua a 20°C durante 3 horas, seguida de una inmersión en agua a 60°C durante 3 horas y de una última inmersión de 18 horas en agua enfriándose desde 60°C hasta 20°C. Después de estos ciclos de inmersión, las probetas se acondicionan durante 72 horas en un ambiente de 20°C y 50% HR

Después del ciclo de inmersión y acondicionamiento, las probetas deben cumplir las siguientes especificaciones:

- Ninguna de las probetas debe presentar delaminaciones o juntas abiertas.
- La resistencia media obtenida durante el ensayo de esfuerzo cortante (UNE EN 392) deberá ser mayor o igual a 4 N/mm² con un porcentaje medio de madera arrancada en la rotura mayor o igual al 25%.

En todos los casos, los perfiles ensayados han superado las exigencias de los distintos ensayos de delaminación. Los resultados medios obtenidos se resumen en la Tabla 2.

Características de los perfiles laminados de madera de eucalipto blanco

Durante el año 2001 se inició la producción de "Laminados Villapol", primera empresa en el mundo que emplea madera de eucalipto blanco para obtener perfiles de madera laminada para carpintería.

La fábrica está localizada en el municipio de Trabada (Lugo) y dispone de una capacidad anual de producción de 9.000 m³ de perfiles, con una escuadría estándar de 72 x 86 mm (formado por tres láminas de 24 mm de espesor) y longitudes comerciales de hasta seis metros.

El empleo de madera de eucalipto blanco de duramen (sin albura ni médula) y con orientación radial, permite obtener un producto final estable y con buenas características de durabilidad natural. El adhesivo empleado para todos los perfiles es acetato de polivinilo del tipo D4

Considerando la versatilidad de este material y sus características técnicas, el perfil laminado de eucalipto es un producto con grandes posibilidades de utilización en las siguientes aplicaciones:

- Ventanas de madera.
- Elementos de carpintería y mobiliario (barandillas, pasamanos, precercos de puertas, marcos, elementos torneados, mesas, camas, peldaños de escaleras, etc).
- Construcción (elementos estructura-



les de segundo orden, correas, vigas, viguetas, etc).

Propiedades mecánicas

Dentro de este Proyecto INTERREG se ensayó un lote de perfiles de madera laminada de eucalipto blanco para determinar su módulo de elasticidad y resistencia característica a la flexión (ver capítulo de propiedades de la madera).

Los ensayos fueron realizados por AITIM a 45 perfiles de madera laminada encolada con una escuadría de 72x86 mm, formados por la unión de tres láminas de 24 x 86 mm de sección. Del total de 45 perfiles, 35 estaban formados por la unión encolada de las tres láminas y en 10 de ellos, la lámina central a su



FIGURA 1

vez contenía empalmes por unión dentada múltiple («finger joint»).

Los resultados fueron extraordinariamente elevados con valores comprendidos entre 93 y 101 N/mm² para la resistencia característica a la flexión y un valor medio de 20.200 N/mm² para el módulo de elasticidad.

Para valorar los resultados obtenidos, puede compararse un perfil de madera laminada de eucalipto con una de las clases de madera laminada encolada para uso estructural más empleadas en Europa, la clase resistente GL24h. En estas condiciones, puede comprobarse que, para conseguir la misma resistencia a la flexión, es necesario multiplicar por más de tres la sección equivalente de

madera laminada respecto al perfil de eucalipto.

Del mismo modo, para provocar la rotura por flexión de un perfil laminado de eucalipto apoyado en sus extremos y con un metro y medio de longitud, necesitaríamos aplicar una carga superior a los 2.000 kg en su punto medio (ver figura 1).

Aptitud para realizar ventanas

Existen una serie de características que condicionan la aptitud de una especie de madera para la fabricación de perfiles laminados para carpintería de ventanas siendo el encolado una de las principales. En Europa, el Instituto para la Técnica de las Ventanas (IFT, Institut für Fenstertechnik) de Rosenheim, Alemania, está considerado la principal autoridad en este campo.

A petición de la empresa Laminados Villapol, el IFT realizó un conjunto de ensayos para verificar la aptitud del encolado de unos perfiles de madera laminada de eucalipto para la fabricación de ventanas. El IFT siguió la metodología recogida en el proyecto de norma

européa PrEN 13307 "Timber blanks and semi-finished profiles for joinery".

Las probetas de los perfiles fueron sumergidas en agua a 20°C durante 3 horas, seguida de una nueva inmersión en agua a 60°C durante 3 horas y una última inmersión de 18 horas en agua enfriándose desde 60°C hasta 20°C. Después de estos ciclos, las probetas se acondicionan durante 72 horas en un ambiente de 20°C y 50% HR y el ensayo se supera si no aparece ninguna delaminación en las líneas de encolado.

En otros ensayos se provocó la rotura de los perfiles por la línea de cola para comprobar si el fallo se producía en un 100% a través de la madera.

El informe emitido por el IFT-Rosenheim en Diciembre del año 2001 concluye que las muestras de perfiles de madera laminada encolada de eucalipto que han sido ensayadas son aptas para la elaboración de ventanas de madera.



Tablero alistonado

El tablero alistonado está formado por listones de madera unidos entre sí por medio de un adhesivo, siendo el grosor y la anchura de los listones uniformes dentro del mismo tablero.

De modo análogo al caso de los perfiles laminados, existen una serie de requerimientos relacionados con la aptitud al encolado (y por extensión la especie de madera utilizada) y la calidad de la madera.

El proceso de fabricación

Como norma general, el contenido de humedad de las láminas que van a

formar el tablero debe situarse entre el 8-10%, para tableros destinados al mobiliario y carpintería. Cuando el destino es el sector de encofrados, la humedad puede oscilar entre el 14-16%.

Una vez que las piezas han sido saneadas de defectos y clasificadas por longitudes, los elementos de menor longitud deben ensamblarse longitudinalmente hasta formar láminas con la longitud del tablero.

La unión de los listones suele realizarse mediante ensambles dentados, para mejorar la resistencia de la unión. La dirección del dentado puede realizarse de forma que sea paralelo (dentado vertical) al espesor de la

lámina o bien perpendicular (dentado horizontal). En el caso de que sea paralelo, el perfil del diente es claramente visible en la superficie de los tableros laminados, mientras que si es perpendicular el perfil sólo es visible en el canto de las láminas.

Antes de proceder al armado y encolado es necesario perfilar las cuatro caras de cada uno de los listones que constituirán el tablero. Para garantizar un buen encolado los listones deben presentar unas superficies limpias y perfectamente lisas, sin presencia de polvo ni marcas producidas por las cuchillas de cepillado.

Finalmente se realiza el encolado de los listones y el montaje del tablero, pasando seguidamente al proceso de prensado.

Los adhesivos más empleados para elaborar tableros alistonados son los de urea (que a su vez puede estar reforzada con melamina) y los vinílicos.

El tiempo de prensado depende de factores como el tipo de cola, espesor de tablero y temperatura. La aplicación de la presión se realiza en dos planos (perpendicular y paralelo a las caras del tablero) con valores de referencia comprendidos entre 5-10 Kg/cm².

Tras el fraguado de la cola, cuya duración vendrá dada por el tipo de adhesivo, los tableros deben acondicionarse durante unas 24-36 horas a una temperatura ambiente próxima a 20°C.

La última fase del proceso de fabricación consiste en el escuadrado y lijado del tablero. El lijado elimina las

irregularidades superficiales del tablero y sirve para calibrar su grosor. En general, se recomienda aplicar unos valores de sobreespesor de hasta 3 mm en tableros destinados a mobiliario y de 2 mm en construcción.

El almacenaje se realiza en disposición horizontal, en bloques de no más de 30 unidades, sobre rastreles dispuestos adecuadamente para evitar abarquillados u otras posibles deformaciones.

Las dimensiones más habituales son 97, 100, 197 y 200 cm en longitud, 50 cm en anchura, y un grosor de 27 ó 22 mm.

La clasificación de los tipos de tableros alistonados existentes en el mercado se atiene al uso (interior o exterior), tipo de superficie exterior (lijados, con nudos, recubiertos, etc.) y dimensiones.



El tablero alistonado de eucalipto blanco

Durante los años 1997-98, el CIS-Madera realizó el Proyecto de I+D «Fabricación de tablero alistonado con madera de eucalipto blanco (*E. Globulus*) procedente de Galicia».

Durante este proyecto se realizaron 4 series de prototipos de tableros alistonados de eucalipto mediante el encolado de listones de 1000 x 45 x 25 mm.

Para el encolado de las series se emplearon 4 adhesivos comerciales de PVAC de las clases D-2, D-3 y D-4. Dos de las series se encolaron en frío en una

prensa de armar y otras dos en una prensa de platos calientes con una temperatura de 80°C y tiempos de prensado de 2 y 5 minutos. En todos los casos se aplicaron presiones de 5 kg/cm².

Todas las series de tableros fueron analizadas por el CIS-Madera y el Centro de Investigación Tecnológica (CIDEMCO). Los ensayos realizados fueron:

- Determinación de la absorción de agua e hinchazón por inmersión total según UNE 56.774
- Determinación de la resistencia de las líneas de adhesivo al esfuerzo cortante según UNE 56.777/1
- Determinación de la resistencia de las líneas de adhesivo después de la inmersión en agua según UNE 65.777/2

Tabla 3

PROPIEDADES	NORMA	RESULTADOS (Min-Medio-Máx)	ESPECIFICACIONES
Absorción	UNE 56.774	1,8-2,65-3,5 (%)	< 20%
Hinchazón	UNE 56.774	0,3-0,6-1,0 (%)	< 3%
Resistencia al esfuerzo cortante	UNE 56.777/1	9,7-11,4-12,5 (N/mm ²)	> 8,5 N/mm ²
Resistencia de las líneas de adhesivo después de la inmersión en agua	UNE 56.777/2	0 (%)	0% Delaminación
Resistencia de las líneas de adhesivo después de un ciclo de envejecimiento	UNE 56.777/3	2,7-5,3 8,7 (%)	0% Delaminación

- Determinación de la resistencia de las líneas de adhesivo después de un ciclo de envejecimiento según UNE 65.777/3
- Los resultados de los ensayos realizados se recogen en la Tabla 3.

Es de destacar que todas las series de tableros alistonados de eucalipto superaron ampliamente las especificaciones de los ensayos absorción de agua e hinchazón por inmersión, resistencia de las líneas de adhesivo al esfuerzo cortante y resistencia de las líneas de adhesivo después de la inmersión en agua.

En su momento, el único ensayo que planteó problemas fue el de la resistencia de las líneas de adhesivo después de un ciclo de envejecimiento. En este ensayo, las probetas se someten a un ciclo formado por los

siguientes ambientes; 24 horas en condiciones de 25°C y 85% HR, 6 horas en estufa a 60°C y, finalmente, 18 horas a 20°C y 65% de HR. Como aparece reflejado en la tabla anterior, tras finalizar este ciclo se produjo un porcentaje medio de delaminación del 5,3%.

En ensayos realizados posteriormente por el CIS-Madera, utilizando nuevas formulaciones de adhesivo de PVAC de tipo D4 se superaron las especificaciones de este ensayo.

El principal destino de los tableros producidos con madera de frondosas, es la fabricación de elementos de carpintería, mobiliario y ebanistería.

Al igual que en el caso de los perfiles, la homogeneidad en las propiedades físico-mecánicas y la normalización de sus dimensiones, permiten obtener una mayor productividad en los procesos industriales.

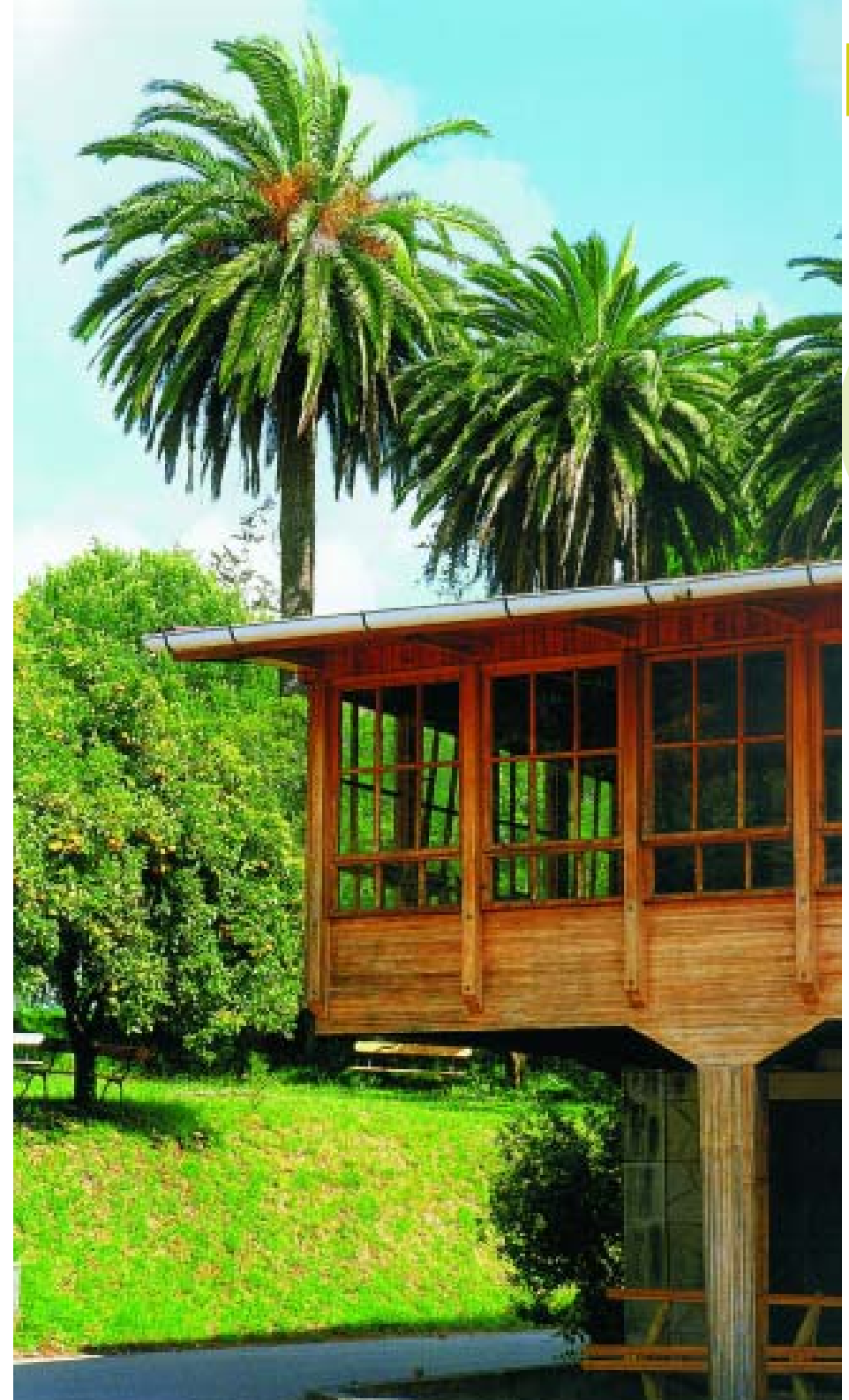
Durante este proyecto INTERREG se han realizado diversos prototipos de elementos de mobiliario, empleando tablero alistonado de eucalipto, con muy buenos resultados finales. En este sentido, las propiedades mecánicas de la madera, unidas a su tonalidad clara y su aptitud para recibir acabados le abren importantes posibilidades de mercado.

Madera laminada encolada

El proceso de fabricación de elementos estructurales en madera laminada encolada es muy similar al de los perfiles de madera laminada encolada para carpintería. En este caso, el adhesivo más frecuente es el de resorcina y las láminas de madera empleadas tienen espesores normalmente comprendidos entre 30-45 mm.

En la actualidad, ninguna instalación industrial en la Euroregión fabrica de forma habitual elementos estructurales de madera laminada encolada con eucalipto. Sin embargo, existen diversas referencias de fabricación que es interesante reseñar.

Durante los meses de enero-febrero de 1982, D. Carlos Baso supervisó la construcción de diversos elementos de madera laminada encolada de eucalipto, que fueron empleados para construir una galería en el Centro de Investigaciones Forestales de Lourizan (Pontevedra). Estos elementos se realizaron de forma artesanal, empleando un adhesivo de resorcina y aplicando una presión de 15 kg/cm² con gramajes de 250 gr/m².

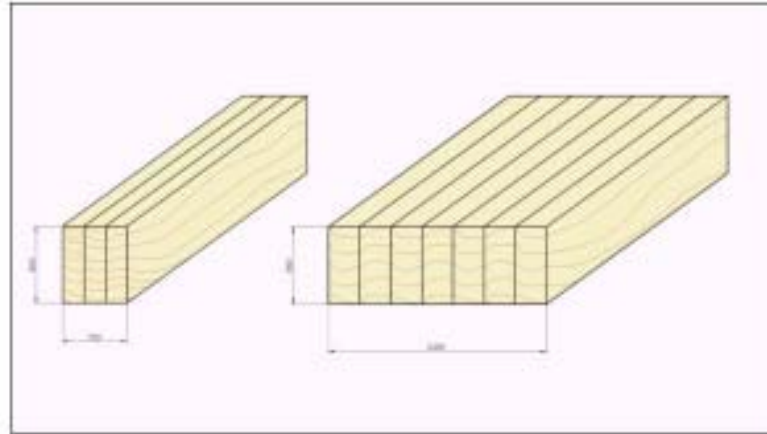


Es interesante comprobar que transcurridos 20 años, la mayor parte de las vigas presentan un buen aspecto, continúan cumpliendo su función y prácticamente no muestran delaminaciones. Entre estos elementos encontramos vigas laterales de 5,6 m y una escuadría de 30 x 20 cm (formadas por 19 láminas), así como vigas frontales de 17 m con escuadrías de 83 x 25 cm (formadas por 52 láminas).

Asimismo, entre los años 1991 y 1994, AITIM coordinó el Proyecto Europeo "Estudio del Eucalipto para su Utilización como Madera Sólida" durante el que se elaboraron 4 vigas estructurales de madera laminada encolada de eucalipto. Las vigas tenían unas dimensiones de 5.000 x 240 x 70 mm y estaban formadas por doce láminas (espesor de lámina de 12 mm). El adhesivo empleado fue de resorcina con un gramaje de 450 gr/m² y la presión aplicada fue de 10 kg/m² con 36 minutos de tiempo de prensado.

Finalmente, durante este proyecto INTERREG, el CIS-Madera encargó a la empresa Caramés Seoane S.L. de Sada (A Coruña) la realización de un "stand" en madera laminada encolada de eucalipto formado por cuatro pilares de 2,6 m de longitud sobre los que apoyan vigas curvas con longitudes de entre 4,1 y 5,1 m. Todos los elementos están compuestos por láminas encoladas de 115 x 25 mm de sección y las vigas tienen una escuadría máxima de 115 x 500 mm (20 láminas).

Como resultado de las distintas experiencias de fabricación reseñadas se



PARA CONSEGUIR LA MISMA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN ES PRECISO MULTIPLICAR POR MÁS DE TRES LA SECCIÓN EQUIVALENTE DE UNA VIGA DE MADERA LAMINADA (GL 24B) RESPECTO A UN PERFIL DE EUCALIPTO BLANCO

pueden extraer unas recomendaciones comunes.

Por un lado, la elevada densidad y propiedades mecánicas de la madera de eucalipto requieren tener un especial cuidado durante el cepillado de las láminas para conseguir una superficie perfectamente lisa antes del encolado. Además, y por los mismos motivos, se recomienda emplear láminas de madera más delgadas que las habituales en los procesos productivos con madera de coníferas.

A partir de la madera laminada encolada de eucalipto, se obtiene un material estructural de primer orden, con unas extraordinarias propiedades, pudiendo servir como referencia los valores característicos vistos al hablar de los perfiles laminados para carpintería.

Bibliografía

ARRIAGA, F.; GONZÁLEZ, M.A.; MEDINA, G.; ORTIZ, J.; PERAZA, F.; PERAZA, J.E.; TOUZA, M.C. 1994. "Guía de la Madera para la construcción, el diseño y la decoración". Ed. AITIM, Madrid.

BASO, C. 1982 "Primeras experiencias sobre madera laminada realizadas en Galicia a favor de un aprovechamiento más racional y diversificado de la producción maderera". Centro de Investigaciones Forestales de Lourizán, Pontevedra.

BERMÚDEZ, J.D.; TOUZA, M. 2001. "La fabricación de perfiles de madera laminada". Revista del Centro de Innovación y Servicios Tecnológicos de la Madera, 6.

GARCÍA, L.; DE PALACIOS, P. 2000 "La madera de pequeñas dimensiones en el tablero

alistonado y en el perfil laminado". Boletín de Información Técnica de AITIM, 204.

GARCÍA, L.; GUINDEO, A.; PERAZA, C.; DE PALACIOS, P. 2002. "La madera y su tecnología" Ed. Mundiprensa, Fundación Conde Valle de Salazar y AITIM.

JOHNSON, H. 1994. "La Madera". Ed. Blume.

LÓPEZ, A.; GUTIÉRREZ, A. 1984. "Propiedades y tecnología de la madera de pino radiata del País Vasco", Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Madrid.

NUTSCH, W. 1996. "Tecnología de la madera y del mueble". Editorial Reverté, S.A, Barcelona.

PERAZA, F. 1995. "Estudio del procesado del eucalipto para su utilización como madera sólida". Boletín de Información Técnica de AITIM, 175.

SÁNCHEZ, A. 1992. "La Madera Laminada Encolada". Fundación Escuela de la Edificación. Madrid.

SHIELD, E.; FLYNN, R. 1999. "Eucalyptus: Progress in higher value utilization. A global review". Robert Flynn & Associates Economic Forestry Associates, WA98466, U.S.A.

VIGNOTE PEÑA, S.; JIMÉNEZ PERIS, F.J. 1996. "Tecnología de la madera". Ed. Mundi-Prensa, Madrid.