



MADERA EN ROLLO DE PEQUEÑAS DIMENSIONES PARA APLICACIONES ESTRUCTURALES

FERNÁNDEZ-GOLFIN SECO, J.I.
; MIER PÉREZ, R; Díez BARRA,
M.R.; HERMOSO PRIETO, E.;
CONDE GARCÍA, M.
DEPARTAMENTO DE PRODUCTOS
FORESTALES. CENTRO DE
INVESTIGACIÓN FORESTAL, CIFOR-
INIA, MADRID

CARACTERÍSTICAS Y PROPUESTAS PARA SU PROCESADO Y TRATAMIENTO

INTRODUCCIÓN

En los Laboratorios de Maderas del Centro de Investigación Forestal del INIA, y financiado por el Programa Nacional sobre Recursos y Tecnologías Agrarias y Alimentarias, se llevó a cabo entre los años 2001 y 2005 el proyecto de investigación AGL2001-0354FOR, titulado «Caracterización de la madera en rollo de pequeñas dimensiones para su aplicación como material estructural».

Con la realización de este proyecto el INIA quería avanzar en la definición de todos los aspectos referidos al procesamiento, clasificación y caracterización de la madera en rollo de pequeñas dimensiones con destino estructural.

Lo primero que hay que aclarar es lo que se entiende por madera en rollo delgada o de pequeñas dimensiones. De acuerdo con diversos autores esta madera es la procedente de árboles con menos de 23 cm de diámetro normal.

La madera en rollo delgada presente en el mercado puede proceder tanto de rechazos del aserrado (puntas y riberones) como, y en su gran mayoría, de la realización de claras sobre masas naturales o artificiales. En ocasiones la madera delgada puede llegar a representar hasta el 25% del volumen de la madera señalada anualmente para corta.

Un buen manejo forestal suele ir obligatoriamente asociado a la

realización de claras en diversas fases del turno pero, desgraciadamente, los elevados costes de estas operaciones y la falta de rentabilidad económica de los productos extraídos suele dificultar, si no impedir completamente, su realización. Por contra, la supresión de estos tratamientos se paga en términos de sanidad y calidad de la masas y en pérdida de rendimientos económicos al final del turno, al ser menor la producción de madera de calidad.

Por tanto, el diseño de productos y aplicaciones rentables para este material de pequeñas dimensiones permitiría ayudar a cubrir los costes de las operaciones necesarias para su extracción, aportaría rentas y oportunidades industriales a las poblaciones rurales, ayudaría a mejorar la sanidad de las masas y a minimizar el riesgo y extensión de los incendios forestales. Es decir, ayudaría a una gestión más sostenible de nuestros bosques.

En España el interés por buscar nuevas aplicaciones a la madera delgada se empezó a intensificar en la década de los 60 del siglo pasado, ante la necesidad de acometer trabajos de mejora en las masas procedentes de repoblación forestal. Así, es importante destacar que en el año 1964 la Sección de Maderas, Características y Aplicaciones del Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias (IFIE, 1964) puso

en marcha un vasto y ambicioso programa, de cuatro años de duración, titulado «Plan de trabajos para la racionalización del aprovechamiento, transformación de la madera de sierra y de pequeñas dimensiones», en el que se abordó la optimización de las técnicas de manejo de materias primas y de transformación industrial de la madera delgada para su uso en la fabricación de envases y embalajes, tableros de partículas y de fibras o tableros contrachapados. Este plan rindió frutos evidentes ya que la industria nacional de la madera de trituración (fabricación de tableros, de pasta de celulosa) y de fabricación de embalajes empezó a usar masivamente esta materia prima, situación que se ha mantenido de forma inalterada hasta hace recientes fechas, en las que el reciclado de materias primas empezó a entrar con fuerza, especialmente en la industria de la trituración.

También es de destacar el amplio mercado que este material triturado tiene como biomasa para la producción de energía.

Durante estos últimos años, y al amparo del diseño de nuevos productos y técnicas para la protección de la madera, la madera en rollo delgada ha entrado con fuerza en el sector rural y recreativo en aplicaciones tales como vallas, empalizadas, juegos recreativos, etc. Sin embargo, es de destacar que

todas estas aplicaciones no resolvían el problema de fondo, ya que apenas sí aportaban rentas al gestor forestal dados los bajos precios a los que se vendía esta materia prima en monte. Respecto del uso estructural, es de señalar que era algo absolutamente simbólico y testimonial hasta que hace recientes fechas, y debido a un nuevo afán por lo natural, empezaron a ponerse de moda pequeñas construcciones rurales y recreativas construidas con estructuras de madera en rollo delgada. El uso de este material se hacía totalmente ajeno a toda normativa o proceso reglado, ya que se desconocían totalmente los valores de cálculo y las prescripciones de calidad. La situación española respecto del uso estructural de esta madera es similar a la observada en otras partes del mundo. Así, en Estados Unidos fue durante la década de los 90 cuando

el USDA Forest Service, consciente de los problemas arriba apuntados, reorientó gran parte de sus recursos de investigación hacia un vasto programa de investigación tendente a un más eficaz empleo constructivo del material de pequeñas dimensiones procedente de las labores de claras. En coherencia con lo anterior; los mayores desarrollos tecnológicos en este campo han tenido lugar en Estados Unidos, si bien éstos se han producido fundamentalmente dentro del ámbito de la madera de trituración. Así podemos citar materiales estructurales compuestos de partículas (más o menos alargadas) y adhesivos, tales como el OSB (Oriented Strand Boards), PSL (Paralell Strand Lumber), Scrimber; etc; hoy habituales en el mercado de la madera. Más recientemente, un trabajo del USDA Forest Service abre la posibilidad a su empleo como

materia prima para la fabricación de pequeños elementos de madera laminada encolada. A nivel europeo la realización, a partir de 1995, del proyecto FAIR CT95-0091, llevado a cabo para analizar la situación europea al respecto, supuso un punto de inflexión al plantear conclusiones muy relevantes. Tras la evaluación de las diversas alternativas posibles, los autores de este trabajo concluyeron que era el mercado de la construcción el que ofrecía más posibilidades para la rentabilización económica de este producto, máxime teniendo en cuenta que de los ensayos y evaluaciones efectuados se deducía que la madera en rollo de pequeñas dimensiones era capaz de cumplir con las exigencias de la Directiva de Productos de la Construcción (DPC). No obstante, los autores del trabajo detectaron una serie de





carencias que era necesario salvar para conseguir el eficaz empleo de este material en la construcción, tales como la necesidad de determinar sus propiedades mecánicas, por especies y procedencias, la necesidad de poner a punto métodos de selección y procesado, así como la de diseñar sistemas eficaces de unión y el planteamiento de soluciones constructivas tipo.

A nivel español el proyecto RTA 2001-0354FOR, antes citado y financiado por el Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias, se planteó como objetivo principal avanzar en el mismo sentido, caracterizando la madera en rollo de pequeñas dimensiones de *Pinus nigra*. Esta especie, que ya fue objeto en el pasado de una exhaustiva caracterización físico-mecánica y tecnológica de la madera procedente de árboles cortados en turno, llevada a cabo en el INIA, se ha revelado como productora de la madera más competitiva a nivel nacional para el mercado de la construcción. El presente artículo recoge, muy sucintamente, las conclusiones más relevantes extraídas en el proyecto antes citado, RTA2001-0354FOR, tanto en lo que se refiere a las propiedades del material como en lo que hace referencia a su procesado.

Propiedades mecánicas y clasificación estructural

Los ensayos mecánicos efectuados según normativa de ensayo europea (UNE-EN 14251) ponen claramente de manifiesto que la madera en rollo delgado de pino laricio posee una gran resistencia a la flexión, un moderado módulo de elasticidad y una adecuada densidad, datos todos ellos que avalan su uso estructural. La tabla 1 recoge los datos obtenidos para el conjunto de la muestra ensayadas (445 piezas). En el proyecto se han evaluado las normas actualmente existentes para la clasificación visual de este material,

Tabla 1- Propiedades mecánicas de los rollos torneados de la muestra ensayada (n=445), dados por clases diamétricas.

Diámetro (cm)	Longitud (m)	Nº de muestras	DATOS MUESTRALES Y PROPIEDADES MECÁNICAS.				
			Densidad Media (kg/m ³)	E _g Caract. (kg/m ³)	f _m (N/mm ²)	Media (N/mm ²)	Caract. (N/mm ²)
8	2	120	460.5	390.5	6574	39.2	24.0
10	2,5	120	447.5	378.9	7031	39.9	25.0
12	3	105	472.8	401.1	7970	44.3	24.7
14	2,5 y 3	100	456.5	370.1	7109	43.6	22.3
TOTAL	-	445	462,2	398,1	7100	41,2	24,6

Tabla 2. Rendimientos y propiedades mecánicas, dados para la norma VPS-SRT-2.

NORMA VPS-SRT-2	CALIDAD		
	1ª	2ª	R
nº muestras	189	90	166
Rendimiento (%)	42.5	20.2	37.3
f _k (N/mm ²)	25.8	21.4	22.5
E _m (N/mm ²)	8289	7173	6600
Densidad _k (kg/m ³)	357.7	384.1	361.8
Clase EN338	C18	C14	<C14

comprobandose que la norma finlandesa VPS-SRT-2 es la que aporta un mejor resultado.

La tabla 2 aporta los resultados obtenidos con su empleo.

Del análisis de los datos de esta tabla se desprende lo siguiente:

- Que el 62,7% de la madera en rollo delgado de pino laricio es apta para el trabajo estructural al poder ser asignada su calidad a una clase resistente.
- Que al 42,5% de la madera (clasificada como de primera calidad) le sería de asignación una clase de resistencia (según UNE-EN 338) de C18.
- Que es el valor del módulo de elasticidad el factor realmente limitante, ya que el valor de la resistencia característica es muy superior al que correspondería para la clase de resistencia finalmente asignada.

Es importante apuntar, no obstante, la necesidad de desarrollar nuevas normas y métodos (mejor combinados con el uso de los ultrasonidos) de clasificación ya que si se comparan los resultados de la

Tabla 3. Rendimientos y propiedades mecánicas, dados para la clasificación óptima.

Asignación CLASES objetivo	C18/C14/Rechazo		
	C18	C14	R
nº muestras	123	233	89
Rendimiento (%)	27.6	52.4	20.0
f _k (N/mm ²)	36.3	25.9	19.7
E _m (N/mm ²)	8590	7121	5425
Densidad _k (kg/m ³)	406.9	391.5	289.1
CLASE real	C18	C16	<C14

tabla 2 con los que se obtendrían en una clasificación óptima basada en los resultados obtenidos en el ensayo a la rotura (tabla 3), se apreciará que los rendimientos en madera clasificada y asignada a cada clase de resistente son todavía muy mejorables.

Mientras no se dispongan de nuevos métodos de clasificación recomendamos clasificar visualmente el material empleando la norma VPS-SRT-2. En su defecto se podría emplear la norma DIN 4074 pero entonces haciendo uso de la siguiente asignación de clases resistentes y valores de resistencia:

Tabla 4. Rendimientos y propiedades mecánicas, dados por norma DIN 4074.

NORMA	DIN 4074		
	1ª	2ª	R
nº muestras	139	75	231
Rendimiento (%)	31.2	16.9	51.9
f _k (N/mm ²)	26.9	21.5	22.5
E _m (N/mm ²)	8428	7581	6786
Densidad _k (kg/m ³)	353.9	387.1	364.0
Clase EN338	C18	C14	<C14



PROCESAMIENTO

En el proyecto se evaluaron diversos aspectos del procesamiento de esta madera, tales como:

- Su secado
- Su tratamiento preventivo.

1. Secado

En el proyecto se evaluó la aplicabilidad de los siguientes métodos de secado:

- Secado al aire bajo techado
- Secado en cámara (secado tradicional)
- Secado en cámara a alta temperatura.

Las pruebas de secado se llevaron a cabo tanto en laboratorio como a nivel industrial, contando para ello con la contribución de diversas empresas.

Secado al aire

Para evaluar el método de secado al aire se siguió la siguiente metodología:

- A su recepción, los rollizos (hasta de 15 cm de diámetro) eran retestados pero no descortezados.
- Una vez retestados, los rollizos eran clasificados por diámetro y apilados al aire bajo techado durante tres meses.
- Pasados los tres meses los rollizos eran descortezados, midiéndose su humedad. Si ésta estaba entre 20 y 25% se pasaban directamente a torneado y en caso contrario eran regados durante seis horas y después torneados.
- Una vez torneados, los rollizos eran inmediatamente tratados con autoclave de sales y almacenados en castilletes (para favorecer ventilación) bajo techado durante, como mínimo,

un mes.

Llevados a cabo todos los pasos anteriores y pasado el tiempo necesario para que la humedad final alcanzara de nuevo valores cercanos al 20%, se evaluó la cantidad y sobre todo el tamaño de las fendas, procediéndose a calificarlos, pudiéndose concluir que, según lo observado, el nivel de calidad que se puede llegar a obtener con el secado al aire es muy elevado siempre que se lleve a cabo de acuerdo con la metodología anterior.

No obstante lo anterior, es necesario destacar que el tiempo mínimo de inmovilización del material es de cuatro meses (más en invierno), lo que es un problema económico y técnico grave que debe ser evaluado en función de las características de cada empresa (sobre todo de la disponibilidad de espacio).

Secado en cámara a alta temperatura

El interés de evaluar este método radicaba en la posibilidad de reducir drásticamente el inmovilizado y de elevar notablemente la calidad del secado empleando temperaturas muy altas (por encima de los 100°C), lo que en la práctica hace que sea muy rápido y, además, que ayude a reducir el nivel de fendas y de tensiones por el estado plástico que induce en la madera.

Para realizar las pruebas de secado en cámara a alta temperatura se empleó el secadero de laboratorio existente en el Laboratorio de Secado del CIFOR-INIA. Para efectuarlas se empleó un programa de temperatura constante, a 110°C, en situación de vapor sobrecalentado. El tiempo para alcanzar la humedad final del 10% fue de 6 días. La calidad final fue aceptable ya que aunque el número total de fendas observadas respecto del secado al aire era mayor, en la práctica su profundidad era bastante menor, lo que afecta positivamente a su comportamiento mecánico y



a su tratamiento químico posterior. Una particularidad del tratamiento radicaba en los afloramientos de resina, que eran elevados pero que dadas las elevadas temperaturas empleadas estaban cristalizados y eran fácilmente removibles de la superficie.

Secado tradicional en cámara

Para realizar las pruebas de secado tradicional en cámara se emplearon tres estrategias distintas:

- Secado agresivo, diseñado con la idea de conseguir un rajado masivo del rollo al comienzo del secado y evitar con ello la aparición de una única raja de gran tamaño, que es la peor situación posible respecto de la calidad. Este secado agresivo sólo se llevaba a cabo en la primera etapa ya que al alcanzar una humedad de madera del 25% se establecía una etapa (humedad madera 30-25%) más suave.

El programa empleado fue el siguiente:

Secado agresivo

Contenido de humedad	Temperatura	Humedad relativa	Humedad equilibrio	Gradiente de secado
>30%	70°	25%	3,5%	8,6
30-25%	70°	60%	8,5%	2,9
25-12%	70°	45%	6,5%	1,8
Acondicionado	65°	95%	3,5%	20%

El problema que se detectó usando este programa fue que el secado se alargaba excesivamente, por encima de los 44 días, lo que era a todas luces antieconómico, máxime si se le compara con la duración total del secado al aire. Un segundo inconveniente de este método radica en los afloramientos de resina, que son elevados.

- Secado progresivo: Vista la inadecuación de la estrategia anterior se procedió a plantear una segunda, consistente en un programa de secado más tradicional, más próximo al habitualmente empleado con madera aserrada.

Este programa fue el siguiente:

Secado progresivo

Contenido de humedad	Temperatura	Humedad relativa	Humedad equilibrio	Gradiente de secado
Calentamiento	60	85%	15%	-
>30%	60°	75%	12%	2,5
30-25%	60°	53%	8,3%	3,0
25-20%	62	35%	5,3%	3,8
20-15%	65	22%	3,5%	4,3
15-10%	65	15%	2,1%	4,8
Acondicionado	60	95%	21%	-

Este segundo programa fue elaborado considerando un secado progresivo pero intenso. Para ello se empezó con un gradiente inicial suave (2,5) y se acabó con uno elevado (4,8). Esta estrategia supuso un cierto acortamiento del proceso (hasta 39 días) pero no una mejora del mismo ya que las diferencias de calidad en el material, respecto del anterior método, fue inapreciable, salvo en lo referente a los afloramientos de resina, que en este caso eran inapreciables.

- Secado agresivo seguido de secado progresivo: Se llevó a cabo

Esta estrategia, de nuevo, supuso un cierto acortamiento del proceso (hasta 25 días) y también una ligera mejoría respecto del anterior en lo que hace referencia al nivel de fendado. El número de rollizos con grandes fendas que alcanzan la médula es un 15% inferior. Este último hecho, unido a su menor duración, presenta a esta alternativa como la más favorable de las tres anteriores. El nivel de afloramientos de resina era ligeramente más elevado que en el caso anterior pero perfectamente aceptable.

Por todo lo anterior en el apartado de secado debe indicarse que el secado al aire puede ser recomendable cuando no hay grandes requerimientos de tiempos de secado y de humedad final, ya que por este método difícilmente se hace descender el contenido de humedad por debajo del 15%.

En estas circunstancias el secado tradicional en cámara sólo es una oportunidad para aumentar el flujo de productos y reducir los tiempos de proceso, toda vez que la mejoría

una experiencia compaginando las dos metodologías anteriores. De esta forma se procedía a realizar un secado intenso al principio, para generar fendas, se dejaba una etapa para relajar tensiones y luego se volvía a secar progresivamente el material. El programa empleado fue el siguiente:

Secado agresivo seguido de secado progresivo

Contenido de humedad	Temperatura	Humedad relativa	Humedad equilibrio	Gradiente de secado
Calentamiento	70	85%	14%	-
>30%	70	25%	3,5%	8,6
30-25%	65	60%	8,7%	2,9
25-20%	65	35%	5,3%	3,8
20-15%	65	22%	3,5%	4,3
15-10%	65	15%	2,1%	4,8
Acondicionado	60	95%	21%	-

que se obtiene en la calidad no resulta suficiente para recomendarlo como método de referencia. No obstante, si por razones operativas se emplease el método de secado tradicional en cámara se aconseja usar el programa tercero, toda vez que es el que acorta más el tiempo total del secado, produciendo una mejor calidad. Respecto del secado a alta temperatura, los resultados obtenidos ponen de manifiesto con claridad que el fendado de la madera puede ser notablemente reducido trabajando en el rango de alta temperatura (por encima de 100°C) probablemente debido al reblandecimiento que producen las elevadas temperaturas en el tejido de la madera (la lignina es un material termoplástico). No obstante, creemos que ésta no es una tecnología de referencia ya que este tipo de secaderos son tecnológicamente complicados, fuera de las posibilidades reales de la industria que habitualmente elabora este tipo de productos.

2. Tratamiento químico preventivo

Lo primero que hay que decir es que por razones de mercado es necesario conseguir que los rollizos puedan trabajar en todas las clases de riesgo posibles.

En este sentido, y en lo que hace referencia a la materia prima, la madera de pino laricio, dada su baja duraminización, se ha comprobado que no presenta problemas de importancia para conseguir los niveles de absorción, penetración y retención de producto más exigentes siempre y cuando el método de tratamiento empleado sea el adecuado.


En las pruebas industriales llevadas a cabo en el proyecto el tratamiento siempre fue efectuado sobre rollizos ya descortezados y cilindrados y con humedad inferior al 20%.

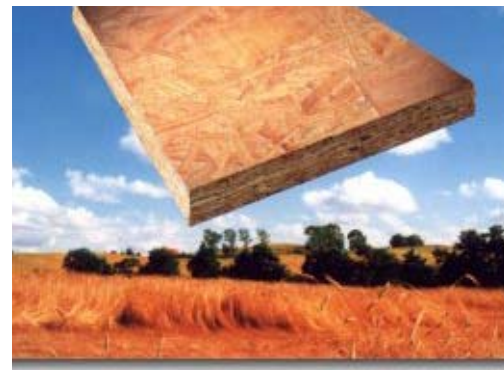
Las pruebas industriales efectuadas

han puesto de manifiesto que si se tratan los rollizos con productos eficaces y se emplean las técnicas de tratamiento adecuadas es posible conferir a éstos la resistencia adecuada para trabajar en todas las clases de riesgo posibles.

No obstante esta afirmación, las pruebas industriales efectuadas han puesto también claramente de manifiesto la gran necesidad que existe de poner a punto técnicas fiables y sencillas que permitan al industrial realizar una buena estimación de la concentración en sales del protector en el tanque, toda vez que con la repetición de ciclos de tratamiento esta concentración puede disminuir, de forma que las retenciones de producto podrían caer por debajo de los umbrales de eficacia establecidos por el fabricante del protector.

De las evaluaciones efectuadas se pudo constatar que ni la medida de la densidad ni la del pH o de la conductividad eléctrica de la solución aportaban la suficiente exactitud ya que las características (pH y conductividad) del agua empleada para la disolución y las impurezas procedentes del material tratado (serrines, extractivos) o del equipo de tratamiento (impurezas metálicas) disueltas en la solución de tratamiento tenían una incidencia crítica en los resultados.

En la actualidad se está evaluando una nueva y prometedora técnica basada en el empleo de analizadores de plasma, aplicándola a la valoración de determinados compuestos que permitan a su vez estimar la concentración de la sal (el método todavía no se ha aplicado sobre protectores orgánicos). En las primeras evaluaciones realizadas hasta el momento se ha podido constatar que la concentración de boratos puede ser el mejor estimador de la concentración de la sal 




Tableros con durabilidad natural

El laboratorio de protección del CIRAD (Francia) en colaboración con otros laboratorios, ha llegado, después de años de investigación, a desarrollar la durabilidad natural de tableros contrachapados y OSB.

¿Cómo dotar de durabilidad a una madera que no la tiene? El CIRAD ya tiene la respuesta, tras terminar los proyectos de investigación (Plybiotest y Osb Biotermicidas): es mezclar especies durables y no durables. Plybiotest tiene por objetivo mejorar, sin productos de tratamiento, la durabilidad natural del tablero escogiendo y posicionando las chapas adecuadamente (a base de duramen de roble, castaño, cedro, chopo, haya). Se han testado estos tableros en cuanto a durabilidad frente a hongos e insectos xilófagos.

El programa Osb Biocidas persigue el mismo objetivo ayudándose de especies durables (robinia, ciprés) y no durables (pino).

Por su parte se ha ensayado con colas naturales (en base a lignina y en base a taninos), además de sintéticas.

Los ensayos han consistido en diversas mezclas de capas buscando las proporciones ideales de chapas y virutas 

CHARLES DLE BON
BOISMAG N° 60.