

Nuevas aplicaciones en el uso de la madera de chopo



1. Nuevas aplicaciones para el sector de la construcción



1. Nuevas aplicaciones para el sector de la construcción

Construcción tradicional



Uso de madera estructural de gran escuadría



1. Nuevas aplicaciones para el sector de la construcción

Productos tecnológicos: Elementos de grandes dimensiones de madera

KVH: Madera estructural empalmada



Madera contralaminada



Madera laminada



Grandes elementos

Grandes luces

Grandes obras

1. Nuevas aplicaciones para el sector de la construcción

Nuevos sistemas constructivos

Entramado ligero de madera



Madera contralaminada



Industrialización

Eficiencia energética

Sostenibilidad

1. Nuevas aplicaciones para el sector de la construcción

Industrialización y búsqueda de soluciones óptimas



Producción en
fábrica y no en obra

Control total del
producto

Rápido montaje

2. La construcción con madera: Una realidad a nivel internacional

Porcentaje de construcción de madera en la construcción de casas de unifamiliares (Sathre & Gustavsson, 2009):

País	Porcentaje de construcción con madera (2009)
Estados Unidos	90-94%
Canada	76-85%
Países Nórdicos	80-85%
Escocia	60%
Inglaterra	20%
Alemania	10%
Países Bajos	6-7%
Francia	4%

Países como Francia, Alemania y Los Países Bajos han visto además como este porcentaje ha incrementado intensamente en los últimos años.

2. La construcción con madera: Una realidad a nivel internacional

Otros estudios con estimación de crecimiento en la demanda de productos estructurales de madera hasta 2050:

Producto	Producción global mill m ³		
	2020	2030	2050
Madera aserrada	393	411	434
Madera contralaminada (CLT)	1.8	6.5	17.3
Madera microlaminada (LVL)	3.0	7.2	19.3
Madera laminada encolada (MLE)	2.5	5.8	15.4

Fuente: Dieste, A.; Baño, V.; Cabrera, M.N; Clavijo L.; Palombo, V.; Moltini, G.; Cassella, F. (2018). Forest based bioeconomy areas – Strategic products from a technological point of view. Facultad de Ingeniería. Universidad de la República

Conclusiones:

- Leve crecimiento en la producción mundial de madera aserrada.
- Crecimiento en la demanda de madera aserrada para la fabricación de productos tecnológicos dirigidos a la construcción con madera (CLT, MLE).
- Fuerte incremento en la demanda de productos tecnológicos.

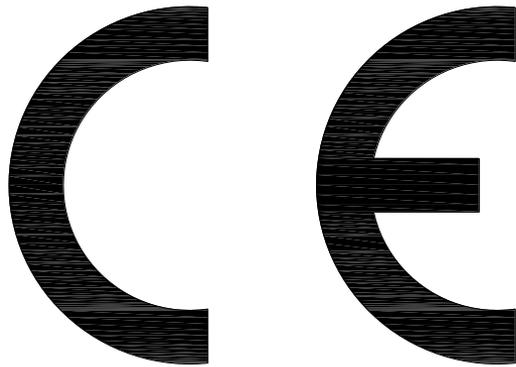
3. El sector de la construcción con madera: Una realidad emergente en España

Edificios residenciales en altura, escuelas y guarderías realizadas en madera



3. Sector de la construcción

Sector ampliamente regulado



Nuevo Reglamento de Productos de la Construcción



3. Sector de la construcción

Reglamento de Productos de la Construcción



Normas armonizadas (anexo ZA): Productos comunes

- Madera estructural maciza (EN 14081-1)
- Madera laminada encolada (EN 14040)
- Madera estructural empalmada con unión dentada (EN 15497)
- Madera microlaminada (EN 14374)

Obligado cumplimiento

DEE y ETE (productos innovadores)

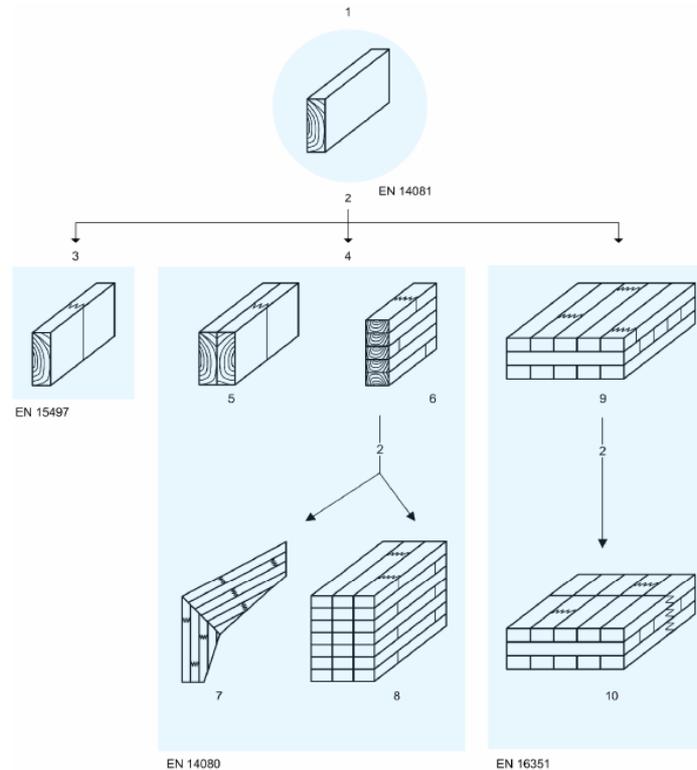
DEE: es el documento que recoge el esquema de evaluación armonizado a nivel europeo para los productos y usos no normados o innovadores

ETE: es el documento europeo que recoge la evaluación técnica de las prestaciones de un producto o kit de un fabricante en relación con las características esenciales aplicables para el uso previsto por el fabricante

No son obligatorias

4. Nuevos productos tecnológicos a partir de madera estructural maciza

Productos y normas reguladoras



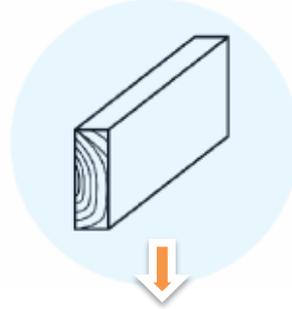
Leyenda

- | | |
|---|--|
| 1 Tabla | 6 Madera laminada encolada (MLE) |
| 2 Es un componente para | 7 Madera laminada encolada con empalmes por unión macrodentada |
| 3 Madera estructural con empalmes por unión dentada | 8 Madera laminada encolada en bloque |
| 4 Productos de madera laminada encolada | 9 Madera contralaminada (MCL) |
| 5 Madera maciza encolada | 10 Madera contralaminada con empalmes por unión macrodentada |

4. Nuevos productos tecnológicos a partir de madera estructural maciza

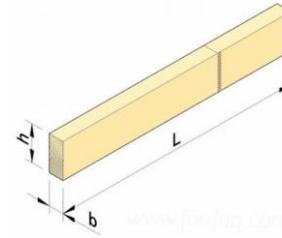
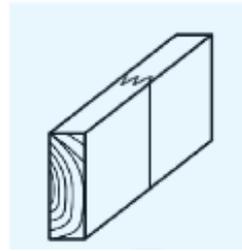
Productos - Etapas

Madera estructural



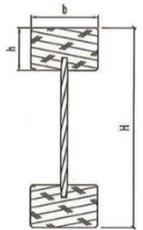
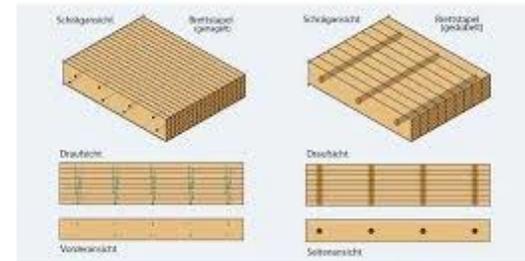
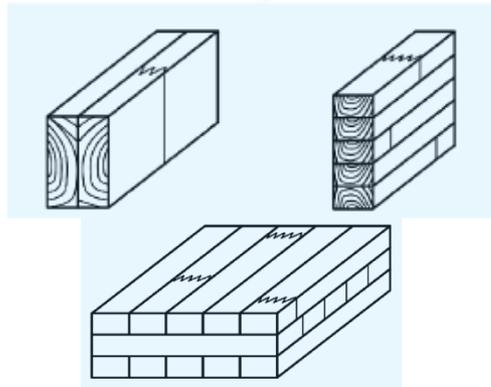
Madera estructural empalmada

Permite conseguir grandes luces (longitudes de piezas)



Productos tecnológicos

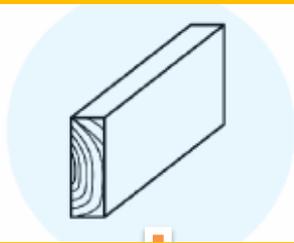
Se consiguen piezas de gran sección y longitud deseada, así como secciones que optimizan la necesidad de material, etc.



4. Nuevos productos tecnológicos a partir de madera estructural maciza

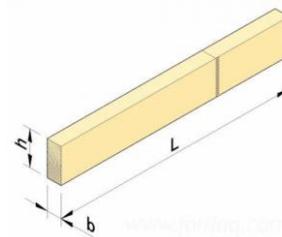
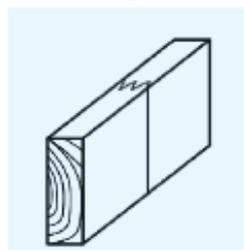
Productos - Etapas

Madera estructural



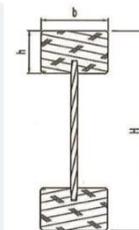
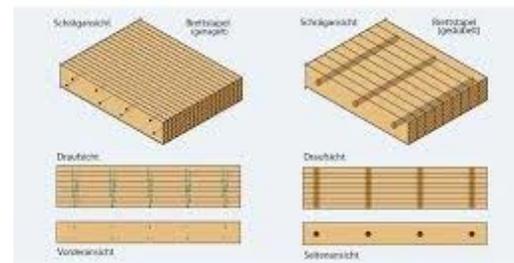
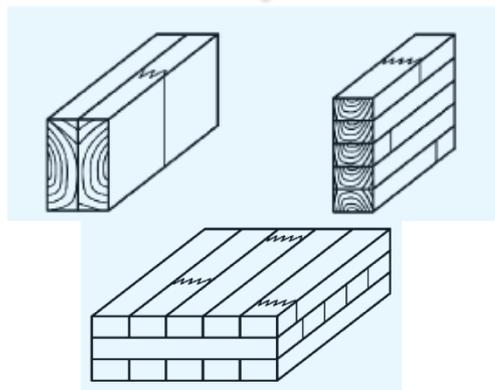
Madera estructural empalmada

Permite conseguir grandes luces (longitudes de piezas)



Productos tecnológicos

Se consiguen piezas de gran sección y longitud deseada, así como secciones que optimizan la necesidad de material, etc.



4. Nuevos productos tecnológicos a partir de madera estructural maciza

Madera estructural maciza



Requisitos a declarar:

Mecánicos:

- Resistencia a la flexión
- Resistencia a la tracción
- Resistencia al cortante
- Resistencia a la compresión
- Módulo de elasticidad paralelo
- Módulo de elasticidad transversal



Calidades estructurales:

- Clases resistentes:
C18, C24, C30, C40

4. Nuevos productos tecnológicos a partir de madera estructural maciza

Madera estructural maciza

Clases resistentes

Valores característicos		Coníferas												Fronosas							
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D18	D24	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Propiedades de resistencia (en N/mm ²)																					
Flexión	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	18	24	30	35	40	50	60	70
Tracción paralela	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	11	14	18	21	24	30	36	42
Tracción perpendicular	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Compresión paralela	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	18	21	23	25	26	29	32	34
Compresión perpendicular	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	7,5	7,8	8,0	8,1	8,3	9,3	10,5	13,5
Cortante	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,0
Propiedades de rigidez (en kN/mm ²)																					
Módulo de elasticidad paralelo medio	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	9,5	10	11	12	13	14	17	20
Módulo de elasticidad paralelo 5º percentil	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8	8,5	9,2	10,1	10,9	11,8	14,3	16,8
Módulo de elasticidad perpendicular medio	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,63	0,67	0,73	0,80	0,86	0,93	1,13	1,33
Módulo de elasticidad transversal medio	G_{mean}	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,59	0,62	0,69	0,75	0,81	0,88	1,06	1,25
Densidad (en kg/m ³)																					
Densidad característica	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	475	485	530	540	550	620	700	900
Densidad media	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	570	580	640	650	660	750	840	1080

2. Nuevos productos tecnológicos a partir de madera estructural maciza

Madera estructural maciza

Sistemas de clasificación estructural

Clasificación visual

TABLA: CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN VISUAL PARA PINO RADIATTA (UNE 56544)

Criterios de calidad		C24	C18
Diámetro de nudos en cara (d/h)		$d \leq 1/5$ de "h"	$d \leq 1/2$ de "h"
Diámetro de los nudos en canto (d/b)		$d \leq 1/2$ de "b" y $d \leq 3$ mm	$d \leq 2/3$ de "b"
Tasa de crecimiento		≤ 8 mm	Sin limitación
Fendas	De contracción	Pasantes	No permitidas
		No pasantes	$f \leq 2/5$
	Solo se consideran si su longitud es mayor que la menor de las siguientes dimensiones: $\frac{1}{4}$ de la longitud de la pieza y 1 metro		
De rayo, de heladura, de abatimiento		No permitidas	
Acebolladuras		No permitidas	
Entrecascos		Longitud < 1,5 h	
Desviación de la fibra		1:10 (10%)	1:6 (16,7 %)
Gemas	Longitud	$G \leq 1/4$ de "L"	$G \leq 1/3$ de "L"
	Anchura y espesor	$G \leq 1/4$ de b	$G \leq 1/3$ de b
Medula ¹⁾		No admitida si se clasifica en húmedo	Admitida
Alteraciones biológicas	Putridión	No se admite	
	Insectos xilófagos	No se admiten	
	Azulado	Se admite.	
Deformaciones máximas ^{2) 3) 4)}	Curvatura de cara	10 mm (para 2 m de longitud)	10 mm (para 2 m de longitud)
	Curvatura de canto	8 mm (para 2 m de longitud)	8 mm (para 2 m de longitud)
	Alabeo	1 mm (por cada 25 mm de "h")	1 mm (por cada 25 mm de "h")
	Atejado o abarquillado	1 mm (por cada 25 mm de "h")	1 mm (por cada 25 mm de "h")

Clasificación mecánica



https://youtu.be/B3JgCZlpqFs?list=UUiQlnw_zub2Bb5t2SEs-LKw&t=1

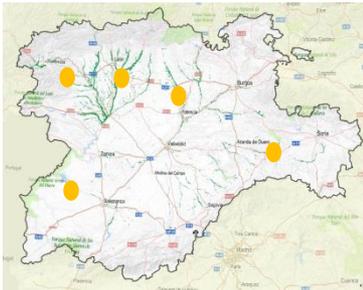


<https://www.youtube.com/watch?v=zbpFLABn7cE>

2. Nuevos productos tecnológicos a partir de madera estructural maciza

Madera estructural maciza

Proceso de desarrollo de sistemas de clasificación estructural



Muestreo de la población:
producto, especie,
origen y calidades



Medición de singularidades

Medición de parámetros con maquina: Frecuencia de vibración



Ensayos mecánicos

- Resistencia a la flexión
- Modulo de elasticidad paralelo
- Densidad



Clasificación visual
Tabla de clasificación visual

Clasificación mecánica
Maquina

4. Nuevos productos tecnológicos a partir de madera estructural maciza

Madera estructural maciza

Sistemas de clasificación estructural España

5.2.5 Critères de classement visuel du peuplier (< 20 000mm²)

Tableau 5 — Critères de classement visuel du peuplier

CRITÈRES	CLASSES	ST-II	ST-III
Largeur des cornes d'accroissement (mm)		≤ 14	≤ 16
Diamètre des noeuds — sur la face ^{a)} — sur la rive ^{b)}		∅ ≤ 1/3 de l et ∅ ≤ 50 mm	∅ ≤ 3/4 de l et ∅ ≤ 100 mm
		∅ ≤ 2/3 de l et ∅ ≤ 40 mm	
Fentes ^{c)} — traversantes — non traversantes		longueur ≤ deux fois la largeur de la pièce longueur ≤ moitié de la longueur de la pièce	longueur ≤ 600 mm non limitée
Entre-écorce		non admise	
Pente de fil (en fraction) — locale — générale		1:4 1:6	
Flaches — longueur — largeur		< 1/3 de la longueur de la pièce et < 100 cm < 1/3 de l'épaisseur de la rive	
Altérations biologiques — bleu — traces de gui — piqûres noires — échauffure		admis admisses si elles apparaissent sur une seule face non admise	
Déformation maximale , en millimètres, pour une longueur de 2 m — flache de face (mm) — flache de rive (mm) — gauchissement		< 10 < 8 1 mm/25 mm de large	< 20 < 12 2 mm/25 mm de large
Tuilage		pas de restrictions	

a) l : largeur de la pièce.
b) e : épaisseur de la rive.
c) La longueur des fentes est liée à la teneur en humidité, pour cette raison les limites indiquées ne sont applicables qu'au moment du classement.
d) Pour les pièces classées «humide», le critère «fente» est difficilement prédictible (voir NOTE 2 de l'avant propos).

Il s'applique aux essences suivantes en provenance de forêts françaises :

- Alimiao (Newtonia suaveolens Brenan), voir Annexe D ;
- Angélique (Dycorinia guianensis Amsh) ;
- Chêne (Quercus petraea et robur) ;
- Douglas (Pseudotsuga menziesii Franco) ;
- Épicéa de sitka (Picea sitchensis), voir Annexe C ;
- Gonfolo (Qualea spp, Ruizterania spp), voir Annexe D ;
- Goupi (Goupia glabra Aubl.), voir Annexe D ;
- Jaboty (Erisma uncinatum Warm), voir Annexe D ;
- Mélèze (Larix decidua Miller) ;
- Peuplier (Clones Robusta, I 214, I 4551, Dorskamp) ;
- Pins sylvestre, noir, laricio, et maritime (Pinus sylvestris, nigra, pinaster) ;
- Sapin-épicéa (Abies alba — Picea abies).

Tableau A.1 — Correspondance entre les catégories visuelles et les classes de résistance mécanique

Classes de résistance Essences	ST- I	ST- II	ST- III	ST-IV
Douglas	C 30 ^{a)}	C 24	C 18	
Pins	C 30 ^{a)}	C 24	C 18	C 14 ^{a)}
Mélèze	C 27	C 24	C 18	
Sapin-Épicéa	C 30	C 24	C 18	
Épicéa de Sitka		C 24	C 18	
Peuplier		C 24	C 18	

4. Nuevos productos tecnológicos a partir de madera estructural maciza

Madera estructural maciza

Sistemas de clasificación estructural España

Clasificación visual

TABLA: CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN VISUAL PARA PINO RADIATA (UNE 56544)

Criterios de calidad			C24	C18
Diámetro de nudos en cara (d/h)			$d \leq 1/5$ de "h"	$d \leq 1/2$ de "h"
Diámetro de los nudos en canto (d/b)			$d \leq 1/2$ de "b" y $d \leq 3$ mm	$d \leq 2/3$ de "b"
Tasa de crecimiento			≤ 8 mm	Sin limitación
Fendas	De contracción	Pasantes	No permitidas	
		No pasantes	$f \leq 2/5$	
	De rayo, de heladura, de abatimiento		Solo se consideran si su longitud es mayor que la menor de las siguientes dimensiones: $1/4$ de la longitud de la pieza y 1 metro	
Acebolladuras			No permitidas	
Entrecascos			Longitud < 1,5 h	
Desviación de la fibra			1:10 (10%)	1:6 (16,7 %)
Gemas	Longitud		$G \leq 1/4$ de "L"	$G \leq 1/3$ de "L"
	Anchura y espesor		$G \leq 1/4$ de b	$G \leq 1/3$ de b
Medula ¹⁾			No admitida si se clasifica en húmedo	Admitida
Alteraciones biológicas	Podrición		No se admite	
	Insectos xilófagos		No se admiten	
	Azulado		Se admite.	
Deformaciones máximas ^{2) 3) 4)}	Curvatura de cara		10 mm (para 2 m de longitud)	10 mm (para 2 m de longitud)
	Curvatura de canto		8 mm (para 2 m de longitud)	8 mm (para 2 m de longitud)
	Alabeo		1 mm (por cada 25 mm de "h")	1 mm (por cada 25 mm de "h")
	Atejado o abarquillado		1 mm (por cada 25 mm de "h")	1 mm (por cada 25 mm de "h")

Clasificación mecánica



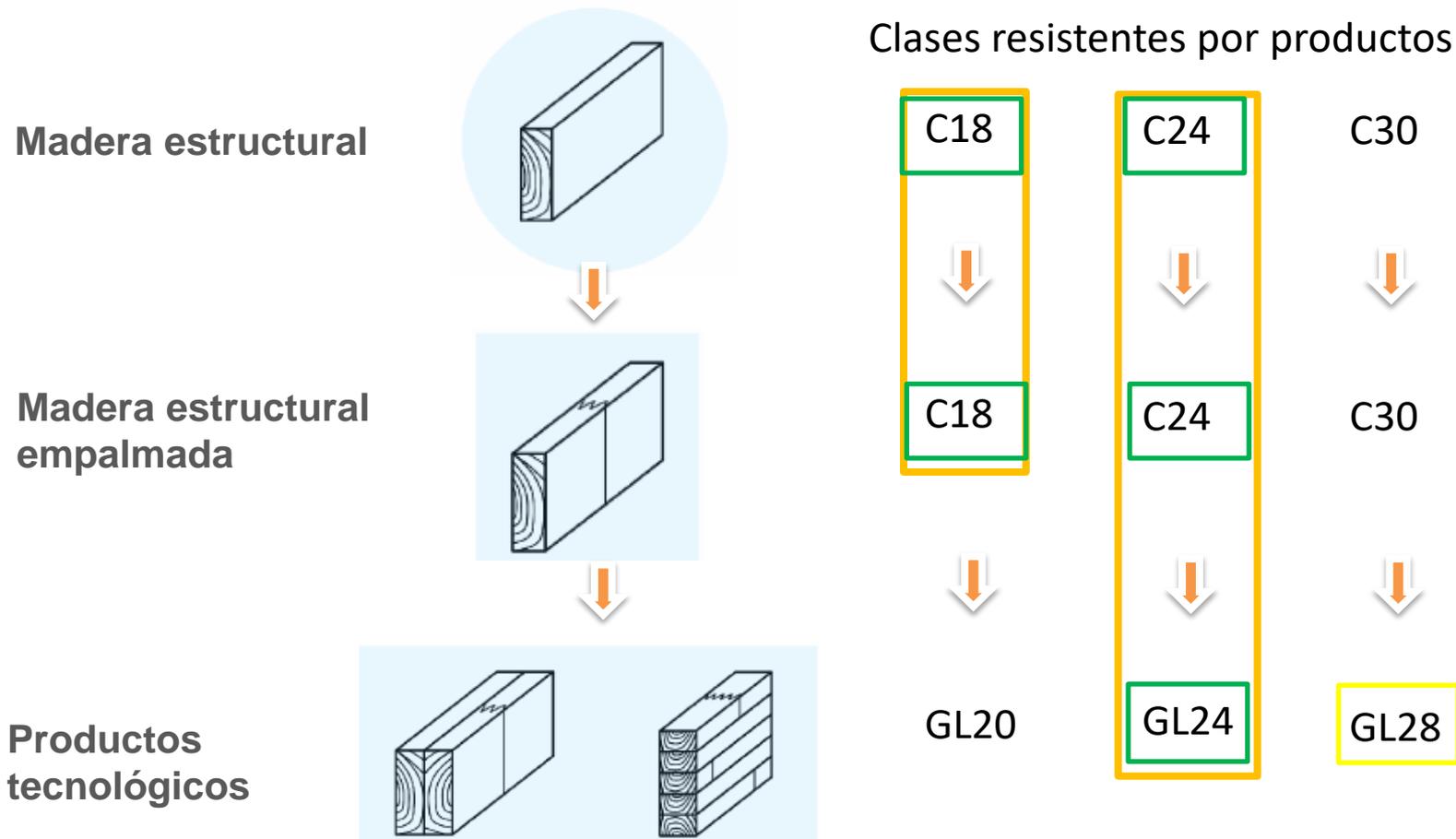
https://youtu.be/B3JgCZlqFs?list=UUiQlnw_zub2Bb5t2SEs-LKw&t=1



<https://www.youtube.com/watch?v=zbpFLABn7cE>

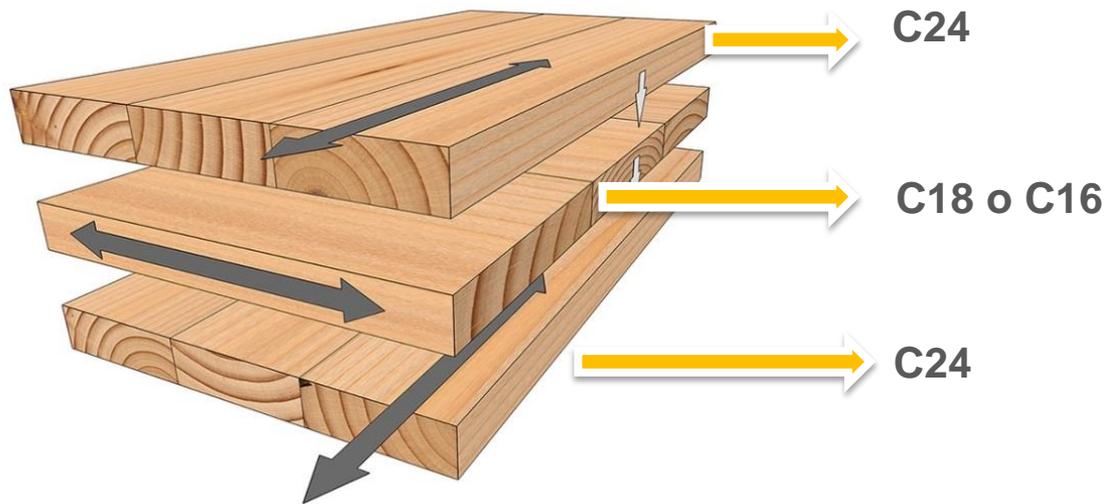
4. Nuevos productos tecnológicos a partir de madera estructural maciza

Como afecta el sistema de clasificación de la madera estructural en el mercado



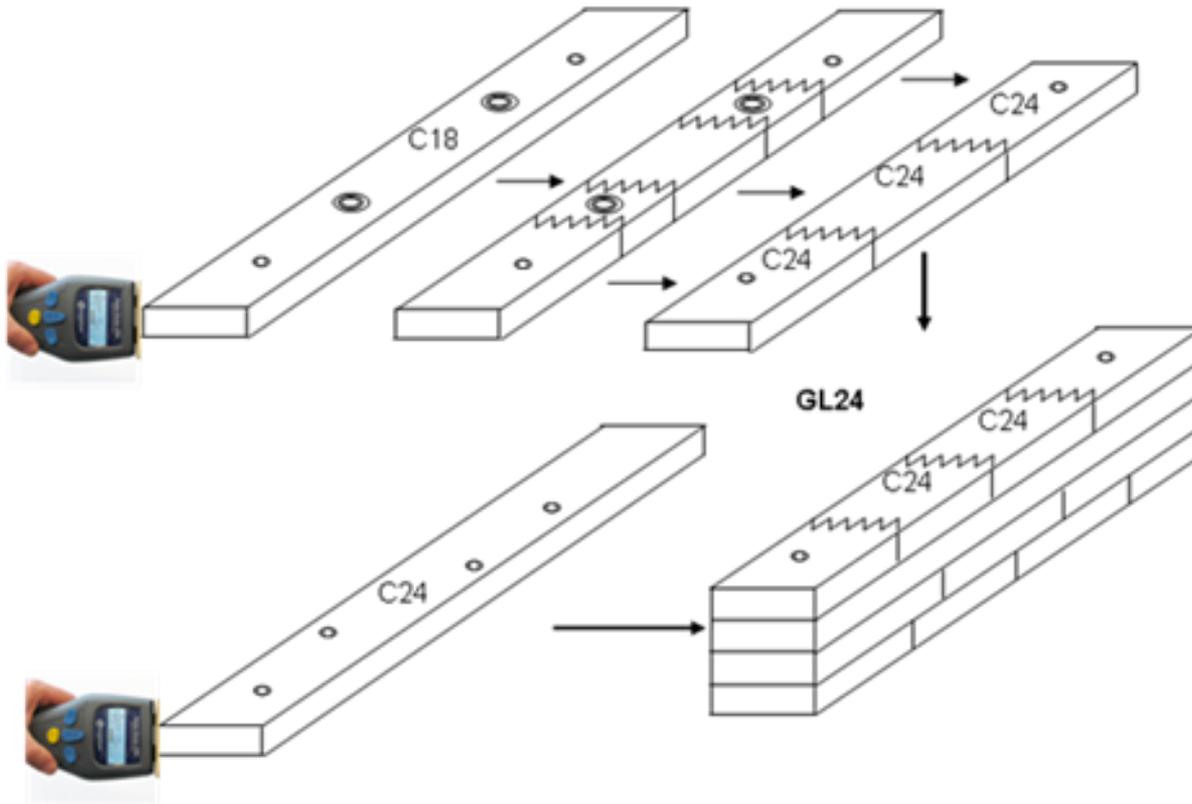
4. Nuevos productos tecnológicos a partir de madera estructural maciza

Como afecta el sistema de clasificación de la madera estructural en el mercado



4. Nuevos productos tecnológicos a partir de madera estructural maciza

Como afecta el sistema de clasificación de la madera estructural en el mercado



4. Nuevos productos tecnológicos a partir de madera estructural maciza

Sistema de clasificación mecánica desarrollados por Cesefor

Clasificación mecánica a flexión

Producto	Especie	Equipo/Casa	Estado
Madera aserrada	Pino silvestre	Brookhuis	En proceso
	Pino marítimo	Brookhuis	En proceso
	Pino radiata	Brookhuis	Finalizado



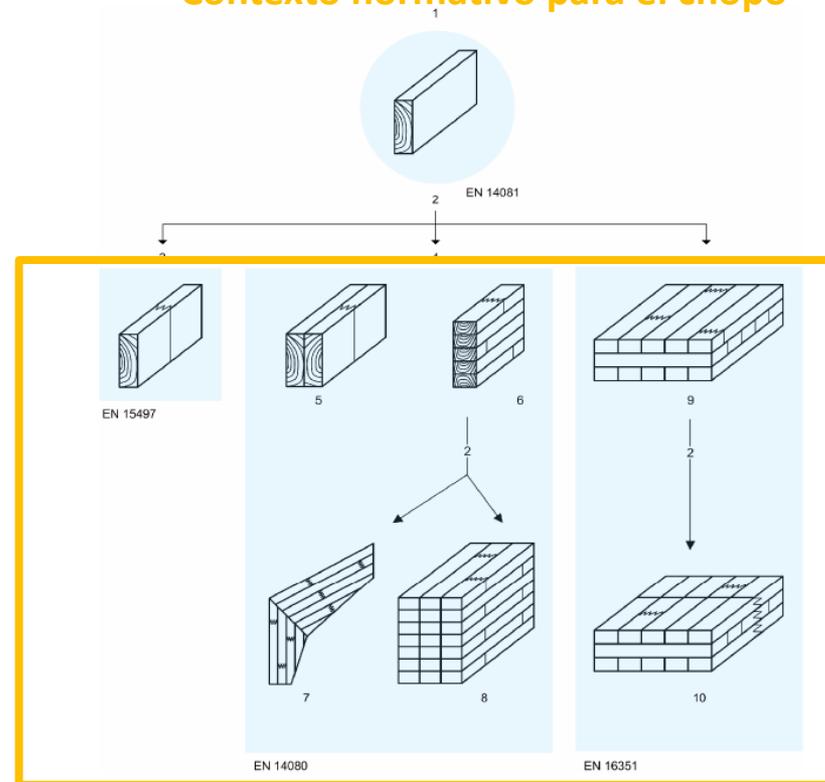
Clasificación mecánica a tracción

Producto	Especie	Equipo/Casa	Estado
Madera aserrada	Pino silvestre	Brookhuis Viscan	Finalizado
	Eucalipto nitens	Brookhuis Viscan	En proceso
	Haya	Brookhuis	En proceso



4. Nuevos productos tecnológicos a partir de madera estructural maciza

Contexto normativo para el chopo



Leyenda

- | | |
|---|--|
| 1 Tabla | 6 Madera laminada encolada (MLE) |
| 2 Es un componente para | 7 Madera laminada encolada con empalmes por unión macrodentada |
| 3 Madera estructural con empalmes por unión dentada | 8 Madera laminada encolada en bloque |
| 4 Productos de madera laminada encolada | 9 Madera contralaminada (MCL) |
| 5 Madera maciza encolada | 10 Madera contralaminada con empalmes por unión macrodentada |

4. Nuevos productos tecnológicos a partir de madera estructural maciza

Contexto normativo para el chopo

EN 15497:2014

- 8 -

AENOR

1 Objeto y campo de aplicación

Esta norma europea especifica los requisitos de prestación de la madera estructural de sección rectangular con empalmes por unión dentada destinada a su utilización en edificios y puentes.

En algunos Estados Miembro la utilización de madera estructural con empalmes por unión dentada puede estar limitada a determinadas clases de servicio.

Especifica también los requisitos mínimos de fabricación, así como requisitos sobre evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones de la madera estructural con empalmes por unión dentada.

Esta norma europea se aplica a la madera estructural con empalmes por unión dentada fabricada con madera de chopo o madera de las especies coníferas relacionadas en esta norma.

Es posible fabricar madera estructural con empalmes por unión dentada partiendo de especies de maderas frondosas y basándose en los requisitos de esta norma, aunque la norma no sea aplicable a tales productos.

Esta norma europea se aplica únicamente a los empalmes por unión dentada entre perfiles de madera de la misma especie.

Esta norma europea no se aplica a los empalmes por unión dentada obtenidos por embutición.

Esta norma europea se aplica también a la madera estructural con empalmes por unión dentada tratada o no tratada contra los ataques biológicos. La madera estructural con empalmes por unión dentada tratada con productos ignífugos no está incluida.

4. Nuevos productos tecnológicos a partir de madera estructural maciza

Contexto normativo para el chopo

5.5.2 Especies de madera

El producto de madera laminada encolada debe incluir una sola especie de madera.

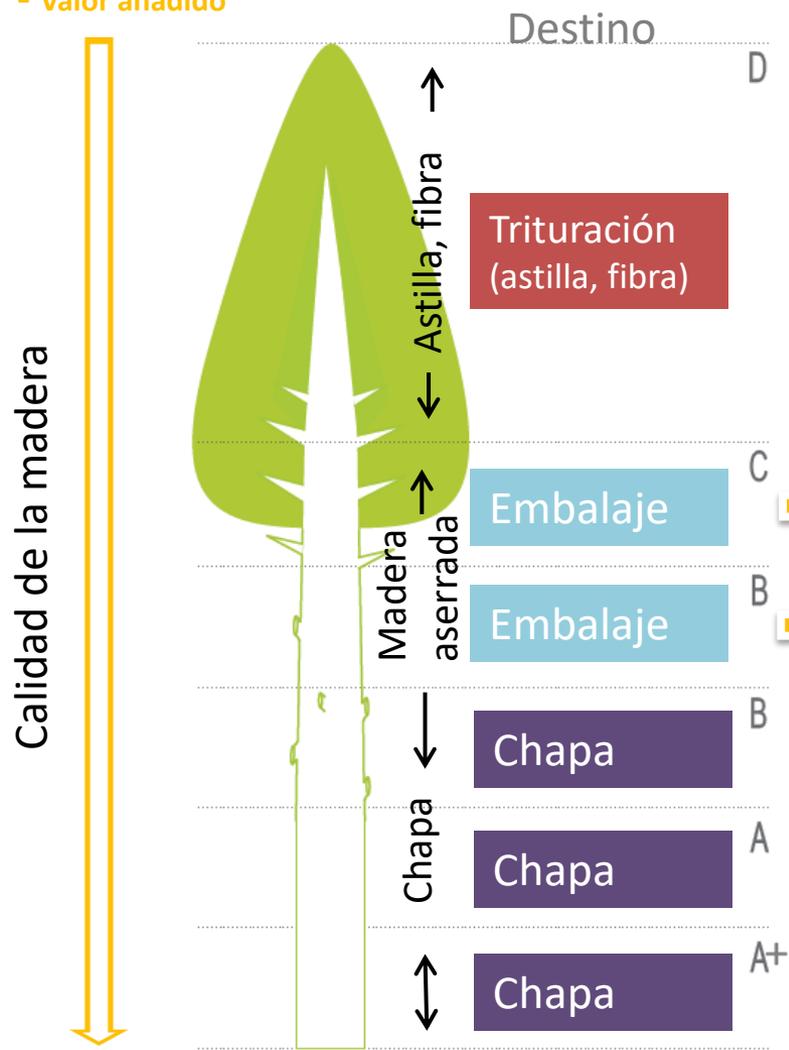
Esta norma europea incluye los productos de madera laminada encolada elaborados con las siguientes especies:

Píceas (*Picea abies*, PCAB), Abeto (*Abies alba*, ABAL), Pino silvestre (*Pinus sylvestris*, PNSY), Abeto de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*, PSMN), Hemlock occidental (*Tsuga heterophylla*, TSHT), Pino laricio (*Pinus nigra*, PNNL), Alerce europeo (*Larix decidua*, LADC), Alerce de Siberia (*Larix sibirica*, LASI), Alerce de Dahuria (*Larix gmelinii* (Rupr.) Kuzen), Pino pinaster (*Pinus pinaster*, PNPN), Chopo (clones de aplicación: *Populus x euramericana* cv "Robusta", "Dorskamp", "I214" y "I4551", POAL), Pino radiata (*Pinus radiata*, PNRD), Picea de Sitka (*Picea sitchensis*, PCST), Pino Amarillo del Sur (*Pinus palustris*, PNPL), Cedro rojo del Oeste (*Thuja plicata*, THPL), Cedro amarillo (*Chamaecyparis nootkatensis*, CHNT).

La píceas y el abeto pueden considerarse como una misma especie.

5. Oportunidad para la madera estructural

- Valor añadido



Valorización de la madera aserrada:
Estructural frente embalaje

Tipo de madera aserrada	Precio madera aserrada(€/t)
Estructural	320
Embalaje	500

Estructural

Estructural

Toda aquella madera con uso potencial de madera estructural que se está destinando a madera de embalaje esta perdiendo aprox. 1/3 de su valor agregado

+ Valor añadido Ejemplo de clasificación óptima de un pie (árbol)



5. Oportunidad para la madera estructural

1. Presencia de especies forestales con elevado potencial para el desarrollo de productos tecnológicos:



- Pino silvestre.
- Pino radiata.
- Pino negral.
- Chopo.

Usos potenciales aproximados de la madera procedentes de montes de CyL



2. No hay un uso en cascada de la materia prima en la madera con calidad estructural.

6. Nuevos productos tecnológicos a partir de chapa

LVL. Madera microlaminada



Ventajas:

- Ligereza
- Alta estabilidad.
- Posibilidad de mejora de los parámetros mecánicos a partir del control de la densidad

Inconvenientes:

- Bajas prestaciones mecánicas en comparación con sus competidores

<https://www.youtube.com/watch?v=EhzyhkLmLoo>

6. Nuevos productos tecnológicos a partir de chapa

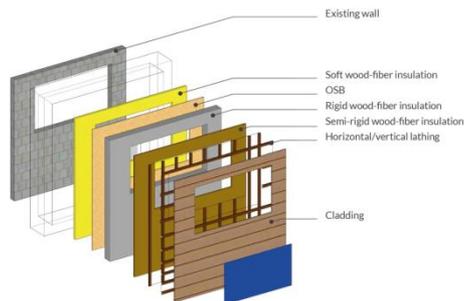
LVL. Madera microlaminada

Usos potenciales

1. Fachadas prefabricadas de entramado ligero de madera



2. Rehabilitación de fachadas (exterior o interior)



7. Nuevos productos tecnológicos a partir de astilla de gran formato

LSL. Perfiles de virutas de madera laminadas

Están constituidos por virutas gruesas y anchas, cuya anchura varia de 5 a 25 mm mientras que su longitud suele ser de 300 mm.



COMPARATIVA PRESTACIONES CON OTROS PRODUCTOS

Propiedades	Símbolo	Unidad	Lignumstrand E 10,7	M Laminada GL 24h	Madera coníferas C24	C18	CLT
Resistencia a flexión de canto	$f_{m,0,cantok}$	N/mm ²	35	24	24	18	24
Resistencia a tracción paralela a la fibra	$f_{t,0,k}$	N/mm ²	29	16,5	14	11	14
Resistencia a tracción perpendicular a la fibra	$f_{t,90,cantok}$	N/mm ²	0,66	0,4	0,4	0,3	0,4
Resistencia a Compresión paralela a la fibra	$f_{c,0,k}$	N/mm ²	29	24	21	18	21
Resistencia a Compresión perpendicular a la fibra	$f_{c,90,cantok}$	N/mm ²	8,7	2,7	5,3	4,8	3,15
Resistencia a esfuerzo cortante de canto	$f_{v,0,cantok}$	N/mm ²	8,6	2,7	2,5	2	5
Densidad	ρ_k	Kg/m ³	670	380	350	320	490
Modulo de elasticidad en flexion. Paralelo al grano	$E_{0,05a,meda}$	N/mm ²	11.600	11600	11000	9000	11600
	$E_{0,05a,k}$	N/mm ²	9.900	9400	7400	6000	8925
Modulo de elasticidad cortante de canto	$G_{0,cantok}$	N/mm ²	2100	720	690	560	690
Resistencia al fuego, velocidad carbonización	β_{15}	mm/min	0,59	0,7	0,8	0,8	0,67



Fuente: Tabsal, SCL

8. Cesefor: Centro de apoyo a la innovación

Equipo de trabajo



Jefe de Área
Ingeniero de Montes

Edgar Lafuente Jiménez



Coordinador de proyectos
Industria y construcción
Ing. Montes(estudiante doctorado)

José Luis Villanueva Hernández



Investigadora
Coordinadora de proyectos
Estructuras de madera
Dr. Ing. Montes

Vanesa Baño



Investigador
Estructuras de madera
Ingeniero civil

Gonzalo Moltini



Técnico
Construcción con madera
Arquitecto

Roberto Alfonso Barreiro



Técnico
Certificación
Ing. Técn. Forestal

Raquel Soria Ceña



Técnico
Biomasa y huella de carbono
Geografa

Marta Boillos Mínguez



Coordinadora taller y laboratorio
Certificación y evaluación
Ing. Técn. Industrial

Laura Gómez Pérez



Carpintero
Taller de prototipos

Juan Carlos Rubio



Técnico
Laboratorio de ensayos

Cristian Ribas



Técnico
Laboratorio de ensayos

Álvaro Sánchez



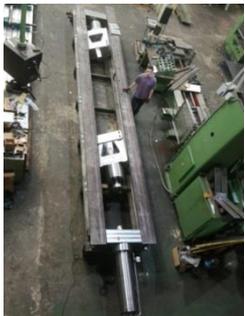
Técnico
Laboratorio de ensayos

Luis Eduardo Molina Carazo

- 2021: Nuevas incorporaciones
- Investigador en estructuras de madera
 - Dinamizador.
 - Técnico de procesos
 - Arquitecto
 - Técnico de prototipado

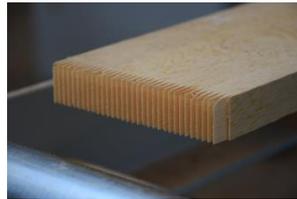
8. Cesefor: Centro de apoyo a la innovación

Equipamiento del laboratorio de ensayos



8. Cesefor: Centro de apoyo a la innovación

Equipamiento de taller y prototipado



Línea de prototipado de productos encolados

- Finguer
- Prensa axial
- Prensa hidráulica



8. Cesefor: Centro de apoyo a la innovación

Otro equipamiento de taller y prototipado



- ❑ Prensa de platos calientes para prototipados de tableros
- ❑ Cámara de secado
- ❑ Herramientas portátiles para el manipulado de la madera.



8. Cesefor: Centro de apoyo a la innovación

Proyectos destacados en prototipados

1. DESARROLLO DE PROTOTIPOS DE PRODUCTOS LAMINADOS Y EVALUACIÓN MECÁNICA.

- a) Madera laminada de pino silvestre.
- b) Madera laminada termotratada de pino.
- c) Combinación de especies: pino - eucalipto



cesefor

DESARROLLO DE PRODUCTOS TECNOLÓGICOS DE MADERA ESTRUCTURAL DIRIGIDOS AL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

REQUISITOS DE FABRICACIÓN
Adhesivo P-8 (pino/eucalipto y pino/eucalipto/abedul)

Tipología de elemento	Variable	Unid.	Valor
Uniones dentadas	Contenido de humedad	%bs	12 ± 3
	Largo diente	mm	15
	Presión	N/mm ²	10
	Tiempo de prensado	s	5
Laminado	Contenido de humedad	%bs	12 ± 3
	Presión	kg/cm ²	5
	Tiempo de apertura	min	40
	Tiempo de curado	h	12

RESULTADOS EVALUACIÓN

Tipología	Lamina			Viga			
	Espeor (mm)	Cantidad	h mm b mm l mm	Variable	ρ N/mm ²	Sy C/N	
TMT	20	5	100 105 2.500	fm	47,2	14,7	31,1
				EO	15.166	1.424	9,4
				p	522,6	11,7	2,2

VALORES CARACTERÍSTICOS

Tipología	E _s (N/mm ²)	f _t (N/mm ²)	ρ (kg/m ³)	
TMT	10	15.964	18,55	498,3

Resultado obtenido a partir de pruebas ensayo (fabricación de tabla y curado)

A continuación se presentan las fichas técnicas indicativas de 6 tipologías de vigas fabricadas con madera laminada encolada, incluyendo requisitos de fabricación, evaluación de propiedades físicas y mecánicas -densidad (ρ), resistencia a flando perpendicular a la fibra (f_m) y módulo de elasticidad (EO)- y valores característicos de propiedades físico-mecánicas.

Madera laminada encolada de pino silvestre/ eucalipto/ abedul

Logo of FEDER (European Union), Junta de Castilla y León, and the Spanish Ministry of Industry, Trade and Tourism.

9. Proyecto de I+D de Cesefor

Oportunidades y limitaciones de madera de frondosas (haya y chopo) en estructuras: evaluación de las uniones encoladas y mecánicas

¿Son estas especies frondosas aptas para fabricar productos laminados estructurales?

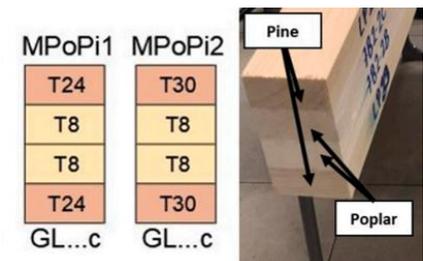
Objetivo específico 1: Definición de los requisitos de fabricación y evaluación estructural de elementos de madera laminada encolada de frondosas (haya y chopo)

¿Son estas especies y productos combinables entre sí y con otras especies para fabricar productos laminados más competitivos?

Objetivo específico 2: Relación entre el rendimiento estructural, el coste y la durabilidad frente al ataque de organismos bióticos de productos laminados combinados: madera laminada encolada de i) haya-chopo y ii) chopo-pino termotratado.

¿Son los parámetros definidos por el Código Técnico de la Edificación de España (CTE) válidos para el diseño de uniones mecánicas de madera laminada encolada de estas frondosas?

Objetivo específico 3: Determinación de la capacidad resistente de uniones tipo clavija (tornillos y pernos) en madera de haya y chopo y de combinaciones entre sí y con pino termotratado.



YIELD MODES

Connection Yield Modes



MODE I
• bearing-dominated yield of wood fibers

MODE II
• prying of fastener with localized crushing of wood fibers

MODE III
• fastener yield in bending at one plastic hinge and localized crushing of wood fibers

MODE IV
• fastener yield in bending at two plastic hinges and localized crushing of wood fibers

DES 245 - Connection Design Examples

9. Proyecto de I+D de Cesefor

Oportunidades y limitaciones de madera de frondosas (haya y chopo) en estructuras: evaluación de las uniones encoladas y mecánicas

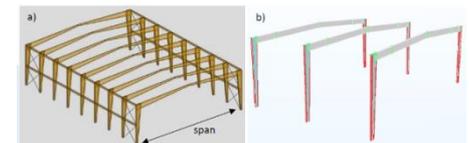
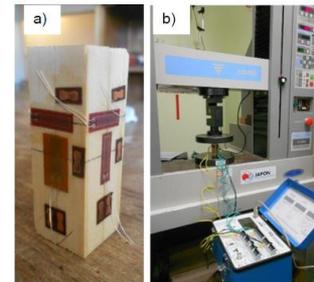
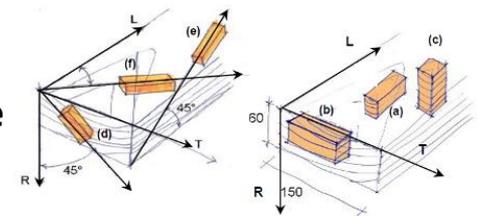
¿Cuál es el diagrama tensión-deformación y las constantes elásticas para estas especies, necesarios para la realización de modelos numéricos de diseño estructural mediante el método de los elementos finitos?

Objetivo específico 4: Definición del diagrama tensión-deformación y de las constantes elásticas de estas especies a partir de ensayos experimentales con el fin de tener la información necesaria para la realización de modelos de elementos finitos que permitan predecir su comportamiento en estructuras

¿Son las estructuras de madera de estas especies competitivas con las de coníferas y con las de acero y hormigón?

Objetivo específico 5: Análisis del rendimiento estructural-económico del uso de madera laminada encolada de frondosas frente a la madera de coníferas y al uso de hormigón o acero: estudio de caso de naves industriales

Set 1. Specimens for compression tests



¡Muchas gracias!





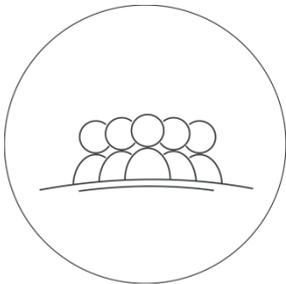
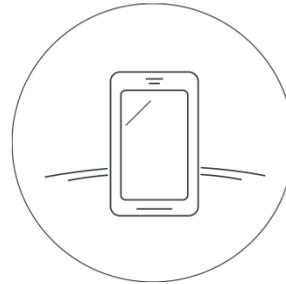
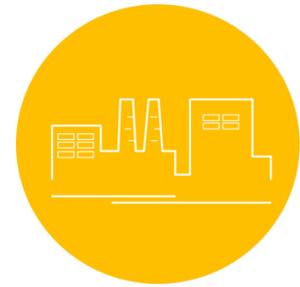
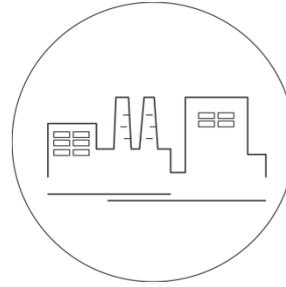
Centro de Servicios y Promoción Forestal
y de su Industria de Castilla y León

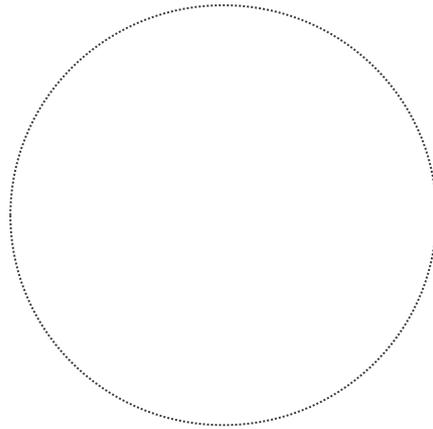
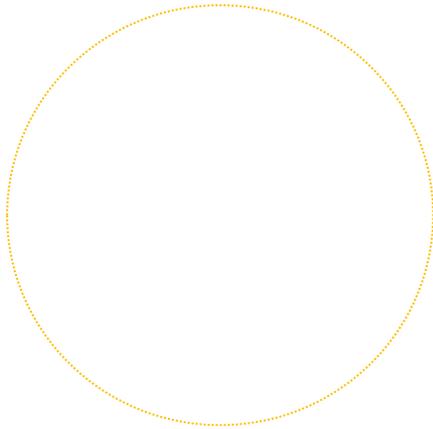


Centro de Servicios y Promoción Forestal
y de su Industria de Castilla y León



Centro de Servicios y Promoción Forestal
y de su Industria de Castilla y León



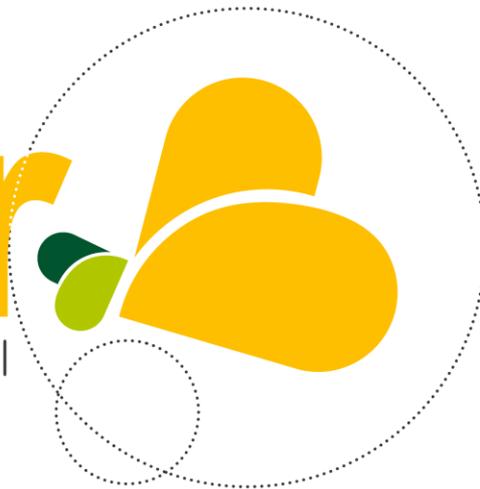


Texto



cese**for**

Centro de Servicios y Promoción Forestal
y de su Industria de Castilla y León



www.cesefor.com

