

LIFE EcoTimberCell



Con la contribución del
instrumento financiero
LIFE de la Unión Europea



LIFE
EcoTimberCell

Webinario EcoTimberCell

Bloque I: Caracterización de la
madera estructural

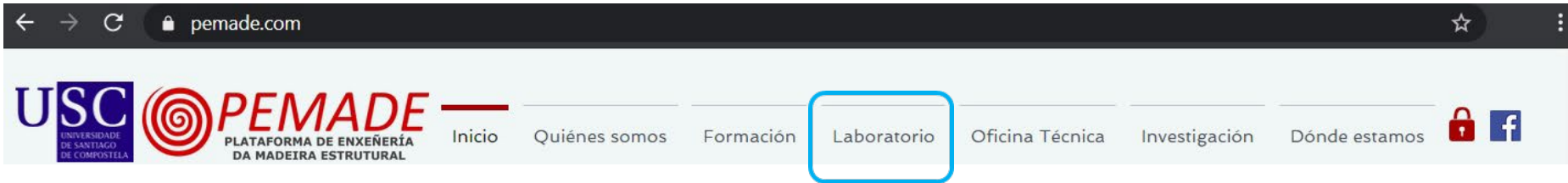
Métodos destructivos

María Portela Barral

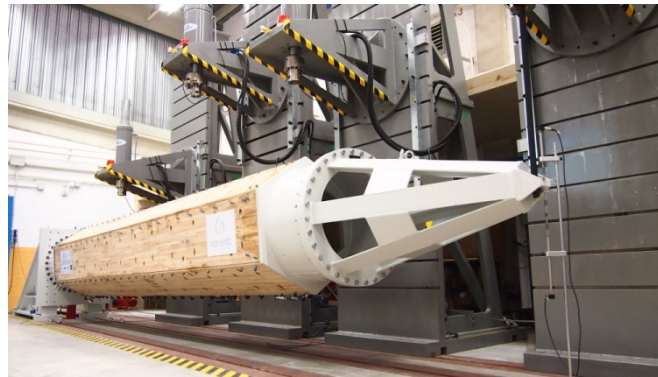
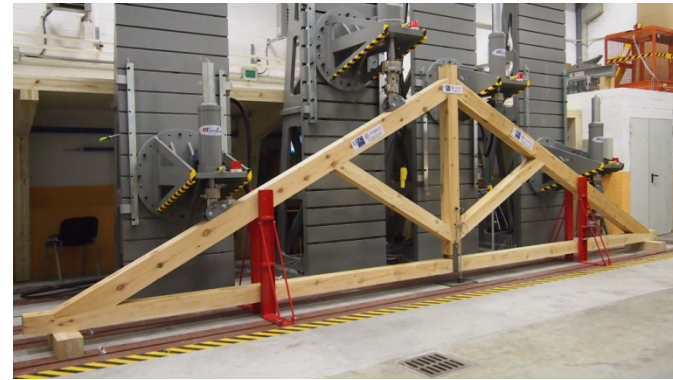
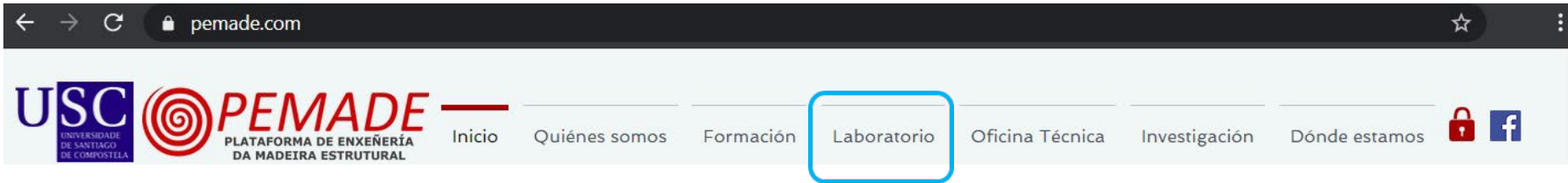
Ingeniera / Investigadora USC-PEMADE

2 de junio 2021 / Online

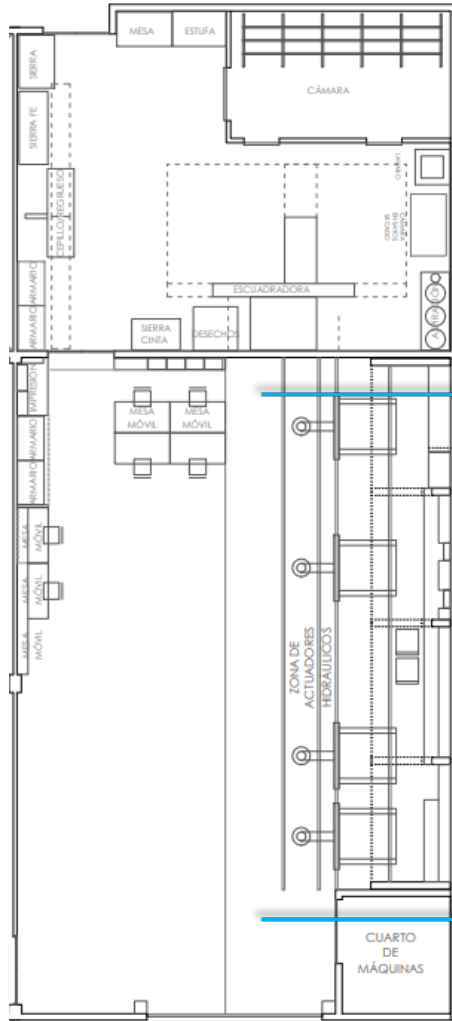




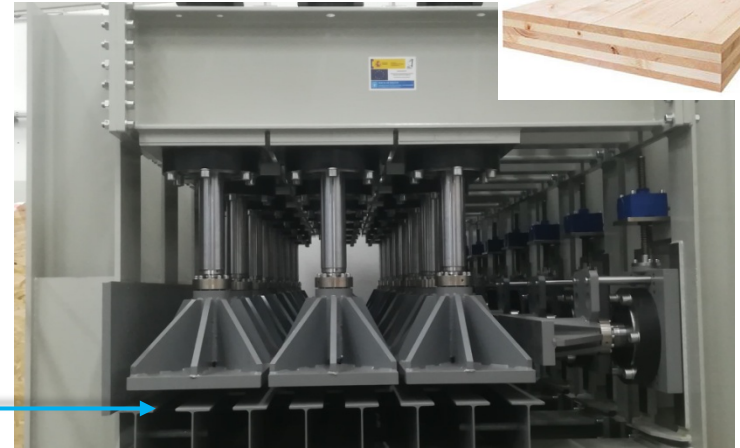
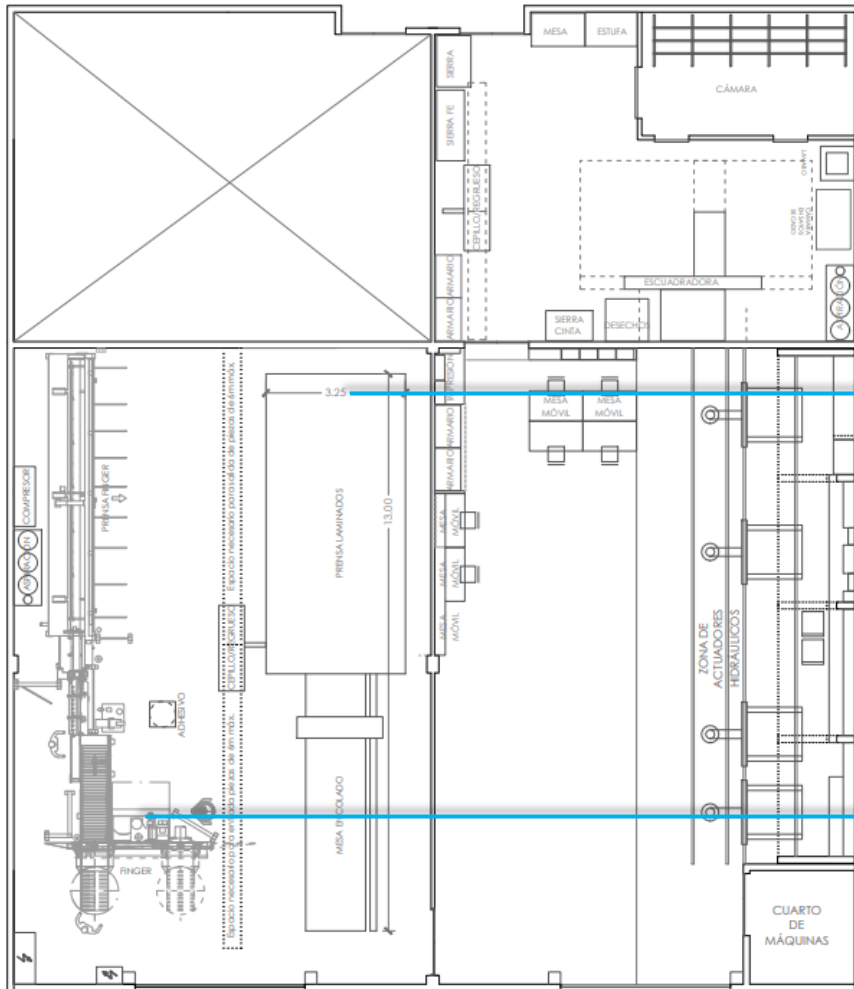
PEMADE
 Escuela Politécnica Superior de Ingeniería de Lugo
 Campus Universitario s/n
 27002 – Lugo
pemade.usc@gmail.com



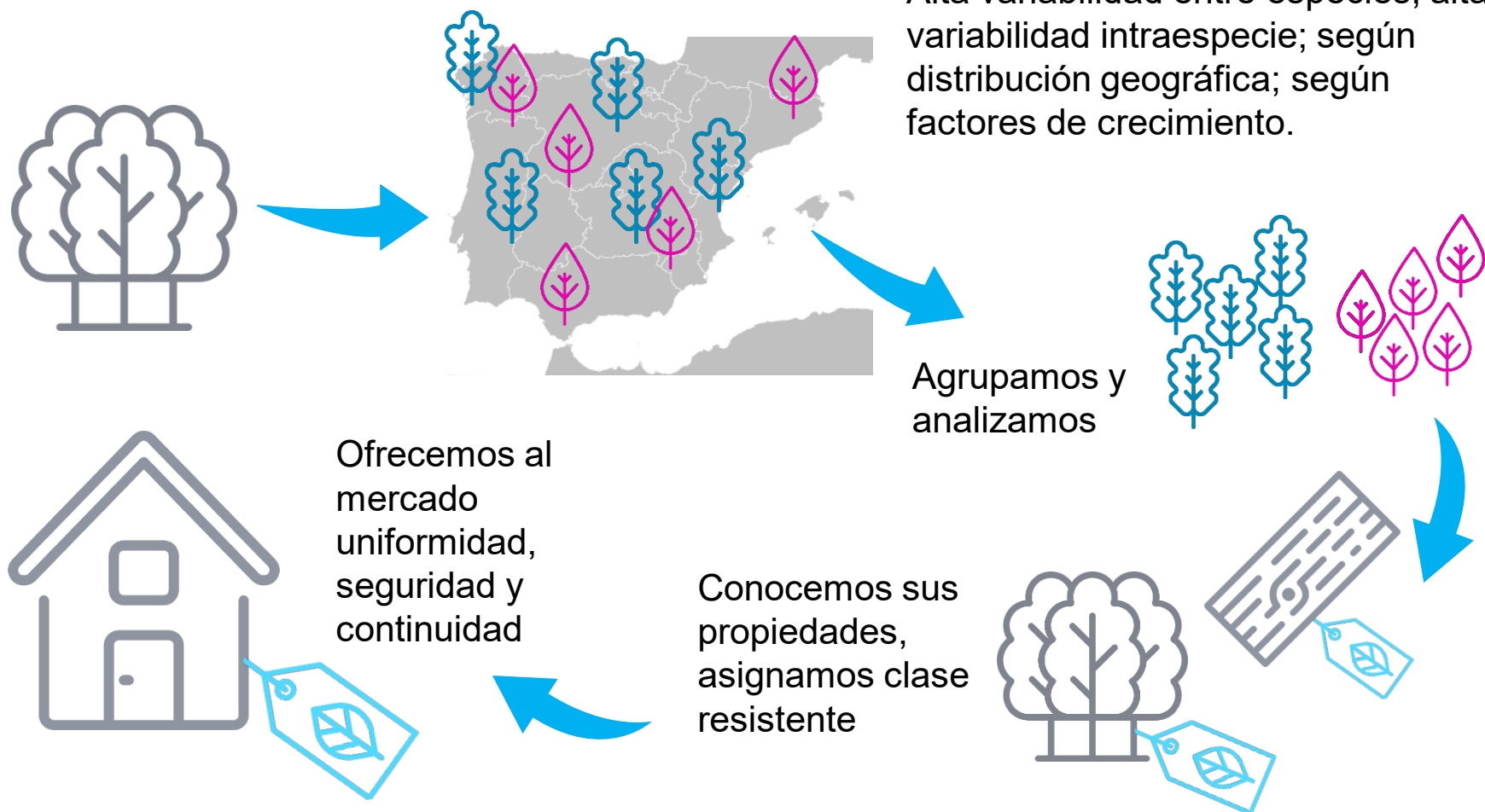
Laboratorio de PEMADE



Laboratorio de PEMADE



¿Qué queremos conseguir con el proceso de caracterización?



Clases resistentes



Norma Española
UNE-EN 338
Noviembre 2016
Versión corregida, Febrero 2017

La norma UNE EN 338 establece un **sistema de clases resistentes**. Este sistema reagrupa calidades, especies y procedencias que tengan propiedades de resistencia similares, permitiendo al calculista prescribir una clase resistente determinada y utilizar los valores característicos de dicha clase para el diseño y el cálculo.

Madera estructural
Clases resistentes

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico CTN 56 Madera y corcho, cuya secretaría desempeña AITIM.



Tabla 1 – Clases resistentes para maderas coníferas basadas en ensayos de flexión de canto: valores de resistencia, rigidez y densidad

Clase	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Propiedades de resistencia en N/mm ²												
Flexión	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	50
Tracción paralela a la fibra	$f_{t,k}$	7,2	8,5	10	11,5	13	14,5	16,5	19	22,5	26	33,5
Tracción perpendicular												
Compresión paral												

Tabla 2 – Clases resistentes para maderas coníferas basadas en ensayos de tracción: valores de resistencia, rigidez y densidad.

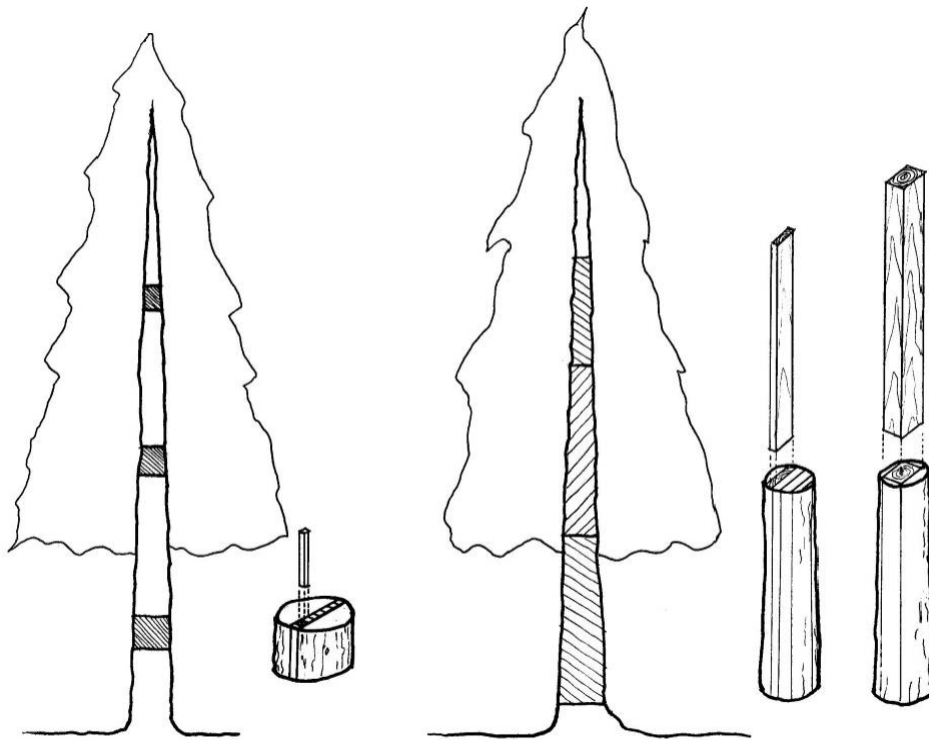
Clase	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T18	T21	T24	T27	T30	
Propiedades de resistencia en N/mm ²															
Flexión	$f_{m,k}$	13,5	14,5	16	17	18	19,5	20,5	21	22	23	25,5	29	30,5	33
Tracción paralela a la fibra	$f_{t,k}$	8	9	10	11	12	13	14	14,5	15	16	18	21	22	24
Tracción perpendicular a la fibra	$f_{t90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Compresión paralela a la fibra	$f_{c,k}$	14	17	18	20	22	23	24	25	26	27	29	32	34	37
Compresión perpendicular a la fibra	$f_{c90,k}$	2,2	2,2	2,2	2,4	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	2,7	2,9	2,9	2,9	2,9
Módulo de elasticidad medio	$E_{0,05,mean}$	2,2	3,2	3,2	3,4	3,8	4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Módulo de cortante	$G_{0,05,mean}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Densidad en kg/m ³	$\rho_{0,05,mean}$	7	7,5	8	9,0	10,0	11	12	12,0	13	13,0	14	15,0	15,0	15
Densidad característica (5% percentil)	ρ_k	4	5,0	5,4	6	6,7	7	7,4	7,7	8,0	8,7	9	9,4	10,1	10,1
Densidad media	$\rho_{0,05,mean}$	0,2	0,25	0,27	0,3	0,33	0,35	0,37	0,38	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,50
Módulo de elasticidad medio perpendicular a la fibra	$E_{0,05,mean}$	0,2	0,25	0,27	0,3	0,33	0,35	0,37	0,38	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,50
Módulo de cortante medio	$G_{0,05,mean}$	0,4	0,47	0,50	0,56	0,63	0,67	0,69	0,72	0,72	0,75	0,81	0,87	0,94	0,97
Densidad en kg/m ³	$\rho_{0,05,mean}$	350	360	370	380	400	410	420	420	430	440	460	470	480	490
Densidad característica (5% percentil)	ρ_k	290	300	310	320	330	340	350	350	360	370	380	390	400	410
Densidad media	$\rho_{0,05,mean}$	350	360	370	380	400	410	420	420	430	440	460	470	480	490

Tabla 3 – Clases resistentes para madera de frondosas basadas en ensayos de flexión de canto: valores de resistencia, rigidez y densidad

Clase	D18	D24	D27	D30	D35	D40	D45	D50	D55	D60	D65	D70	D75	D80	
Propiedades de resistencia en N/mm ²															
Flexión	$f_{m,k}$	18	24	27	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	
Tracción paralela a la fibra	$f_{t,k}$	11	14	16	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	
Tracción perpendicular a la fibra	$f_{t90,k}$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
Compresión paralela a la fibra	$f_{c,k}$	18	21	22	24	25	27	29	30	32	33	35	36	37	
Compresión perpendicular a la fibra	$f_{c90,k}$	4,8	4,9	5,1	5,3	5,4	5,5	5,8	6,2	6,6	10,5	11,3	12,0	12,8	
Cortante	f_{vk}	3,5	3,7	3,8	3,9	4,1	4,2	4,4	4,5	4,7	4,8	5,0	5,0	5,0	
Propiedades de rigidez en kN/mm ²															
Módulo de elasticidad medio en flexión paralela a la fibra	$E_{0,05,mean}$	9,5	10,5	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,5	20,0	22,0	24,0	
Módulo de elasticidad característico en flexión paralela a la fibra (5% percentil)	$E_{0,05,k}$	8,4	8,8	9,2	10,1	10,5	11,3	11,8	13	14	15,5	16,8	18,5	20,2	
Módulo de elasticidad medio en flexión perpendicular a la fibra	$E_{0,05,mean}$	0,67	0,70	0,73	0,80	0,8	0,90	0,93	1,0	1,13	1,3	1,4	1,6	1,6	
Módulo de cortante medio	$G_{0,05,mean}$	0,63	0,66	0,69	0,75	0,8	0,84	0,88	1,06	1,25	1,3	1,5	1,5	1,5	
Densidad en kg/m ³	$\rho_{0,05,mean}$	570	600	610	620	650	660	700	700	790	840	900	102	102	
Densidad característica (5% percentil)	ρ_k	485	510	530	540	550	580	6	660	700	750	800	800	800	
Densidad media	$\rho_{0,05,mean}$	570	600	610	620	650	660	700	700	790	840	900	102	102	

NOTA 1 Los valores dados en esta tabla para la resistencia a tracción, resistencia a compresión, resistencia a cortante, módulo de elasticidad característico en flexión, módulo de elasticidad transversal medio y módulo de cortante medio se han calculado utilizando las ecuaciones dadas en la Norma EN 384.
 NOTA 2 Las propiedades relacionadas en esta tabla son aplicables a la madera que presente un contenido de humedad que corresponde a una temperatura de 20 °C y una humedad relativa del 65%, lo que equivale a un contenido de humedad del 12% para la mayor parte de las especies.
 NOTA 3 Los valores característicos de resistencia a cortante son para madera sin fendas, de acuerdo a la Norma EN 408.
 NOTA 4 La resistencia a la flexión de canto puede utilizarse también en el caso de flexión de tabla.

Clases resistentes



Extracción de **probetas pequeñas y libres de defectos**, frente a las de **madera de tamaño estructural**.

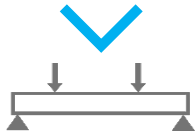
Las piezas pequeñas y libres de defectos se extraen con la fibra recta, de rebanadas obtenidas a varios niveles de altura del fuste y, generalmente con diferentes orientaciones.

Figura extraída de la Tesis Doctoral: Clasificación mediante técnicas no destructivas y evaluación de las propiedades mecánicas de la madera aserrada de coníferas de gran escuadría para uso estructural. Guillermo Íñiguez González. 2007.

¿Cómo llegamos al punto final del proceso, es decir, a la asignación de una clase resistente?



Asignación de clase resistente según UNE-EN 1912



Asignación de clase resistente según UNE-EN 338. Mediante ensayos destructivos.

Tabla 1 – Clases resistentes para maderas coníferas basadas en ensayos de flexión de canto: valores de resistencia, rigidez y densidad

	Clase	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Propiedades de resistencia en N/mm²													
Flexión	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
Tracción paralela a la fibra	$f_{t,0,k}$	7,2	8,5	10	11,5	13	14,5	16,5	19	22,5	26	30	33,5
Tracción perpendicular a la fibra	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Compresión paralela a la fibra	$f_{c,0,k}$	16	17	18	20	21	22	24	25	27	29	30	30
Compresión perpendicular a la fibra	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,4	2,4	2,5	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0
Cortante	$f_{v,k}$	3,0	3,3	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Propiedades de rigidez en kN/mm²													
Módulo de elasticidad medio en flexión paralela a la fibra	$E_{L,mean}$	7,0	8,0	9,0	9,5	10,0	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0
Módulo de elasticidad característico en flexión paralela a la fibra (5% percentil)	$E_{L,0,5}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,1	10,7
Módulo de elasticidad transversal medio	$E_{T,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
Módulo de cortante medio	G_{mean}	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
Densidad en kg/m³													
Densidad característica (5% percentil)	ρ_k	290	310	320	330	340	350	360	380	390	400	410	430
Densidad media	ρ_{mean}	350	370	380	400	410	420	430	460	470	480	490	520
NOTA 1 Los valores dados en esta tabla para la resistencia a tracción, resistencia a compresión, resistencia a cortante, módulo de elasticidad característico en flexión, módulo de elasticidad transversal medio y módulo de cortante medio se han calculado utilizando las ecuaciones dadas en la Norma EN 384.													
NOTA 2 Los valores de resistencia a tracción se han estimado de forma conservadora teniendo en cuenta que la clasificación se ha realizado partiendo de la resistencia a flexión.													
NOTA 3 Las propiedades relacionadas en esta tabla son aplicables a la madera que presente un contenido de humedad que corresponde a una temperatura de 20 °C y una humedad relativa del 65%, lo que equivale a un contenido de humedad del 12% para la mayor parte de las especies.													
NOTA 4 Los valores característicos de resistencia a cortante son para madera sin fendas, de acuerdo a la Norma EN 408.													
NOTA 5 Las clases pueden aplicarse también a maderas frondosas que presenten un perfil resistente y densidad similares, tales como el chopo o el castaño.													
NOTA 6 La resistencia a la flexión de canto puede utilizarse también en el caso de flexión de tabla													

Caracterización según ensayos de FLEXIÓN

Resistencia a la flexión



Módulo de elasticidad (Rigidez)



Humedad Densidad



Humedad Densidad



norma
española

UNE-EN 408:2011+A1

Septiembre 2012

TÍTULO	<p>Estructuras de madera</p> <p>Madera aserrada y madera laminada encolada para uso estructural</p> <p>Determinación de algunas propiedades físicas y mecánicas</p> <p><i>Timber structures. Structural timber and glued laminated timber. Determination of some physical and mechanical properties.</i></p> <p><i>Structures en bois. Bois de structure et bois lamelle-collé. Détermination de certaines propriétés physiques et mécaniques.</i></p>
CORRESPONDENCIA	Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 408:2010+A1:2012.
OBSERVACIONES	Esta norma anula y sustituye a la Norma UNE-EN 408:2011.
ANTECEDENTES	Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 56 Madera y corcho cuya Secretaría desempeña AITIM.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 32233-2012

© AENOR, 2012
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Cénova, 6
28004 MADRID-España

info@aenor.es
www.aenor.es

Tel.: 902 102 101
Fax: 913 104 032

37 Páginas

Este documento forma parte de la biblioteca de UNIV. SANTIAGO COMPOSTELA

Caracterización según ensayos de FLEXIÓN

RECEPCIÓN DE LA/S PROBETA/S >

> **ACONDICIONAMIENTO:** Cámara climática a $20 \pm 2^\circ\text{C}$ y $65 \pm 5\%$ HR. Pesadas sucesivas.

NOTA 3 Las propiedades relacionadas en esta tabla son aplicables a la madera que presente un contenido de humedad que corresponde a una temperatura de 20°C y una humedad relativa del 65%, lo que equivale a un contenido de humedad del 12% para la mayor parte de la especies.

Tabla 1 – Clases resistentes para maderas coníferas basadas en ensayos de flexión de canto: valores de resistencia, rigidez y densidad

	Clase	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Propiedades de resistencia en N/mm²													
Flexión	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
Tracción paralela a la fibra	$f_{t,0,k}$	7,2	8,5	10	11,5	13	14,5	16,5	19	22,5	26	30	33,5
Tracción perpendicular a la fibra	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Compresión paralela a la fibra	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	24	25	27	29	30
Compresión perpendicular a la fibra	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0
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
Propiedades de rigidez en kN/m²													
Módulo de elasticidad medio en flexión paralela a la fibra	$E_{m,mean}$	7,0	8,0	9,0	9,5	10,0	11,0	12,5	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0
Módulo de elasticidad característico en flexión paralela a la fibra (5% percentil)	$E_{m,5}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	8,0	8,7	9,4	10,0	11,0	12,0
Módulo de elasticidad transversal medio	$E_{m,90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,34	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
Módulo de corte medio	$G_{m,mean}$	0,4	0,5	0,5	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,0
Densidad en kg/m³													
Densidad característica (5% percentil)	ρ_k	290	300	32	330	340	350	370	380	400	410	430	440
Densidad media	ρ_{mean}	350	370	380	400	410	420	430	460	470	480	490	520

NOTA 1 Los valores dados en esta tabla para la resistencia a tracción, resistencia a compresión, resistencia a cortante, módulo de elasticidad característico en flexión, módulo de elasticidad transversal medio y módulo de corte medio se han calculado utilizando las ecuaciones dadas en la Norma EN 384.

NOTA 2 Los valores de resistencia a tracción se han estimado de forma conservadora teniendo en cuenta que la clasificación se ha realizado partiendo de la resistencia a flexión.

NOTA 3 Las propiedades relacionadas en esta tabla son aplicables a la madera que presente un contenido de humedad que corresponde a una temperatura de 20°C y una humedad relativa del 65%, lo que equivale a un contenido de humedad del 12% para la mayor parte de la especies.

NOTA 4 Los valores característicos de resistencia a cortante son para madera sin finadas, de acuerdo a la Norma EN 408.

NOTA 5 Las clases pueden aplicarse también a maderas frondosas que presenten un perfil resistente y densidad similares, tales como el chopo o el castaño.

NOTA 6 La resistencia a la flexión de canto puede utilizarse también en el caso de flexión de tabla

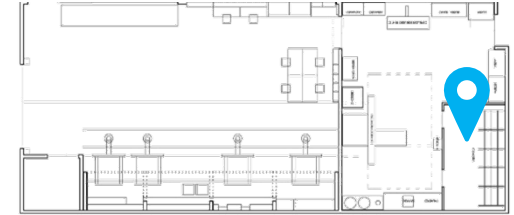


Tabla. Humedad de Equilibrio higroscópico de la madera en función de la temperatura y humedad relativa del aire (Fernández-Golfín & Marta Conde, 2007)

Ts °C	Humedad relativa (%)																	
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
10	2,7	3,7	4,6	5,5	6,2	7,1	7,9	8,7	9,4	10,1	11,0	12,1	13,2	14,7	16,1	18,1	20,4	23,0
15	2,7	3,7	4,6	5,4	6,2	7,0	7,8	8,6	9,2	10,0	11,0	12,0	13,1	14,6	16,0	18,1	20,3	22,9
20	2,6	3,6	4,5	5,4	6,1	7,0	7,7	8,5	9,2	10,0	10,9	11,9	13,0	14,5	16,0	18,0	20,2	22,8
25	2,6	3,5	4,4	5,3	6,0	6,9	7,6	8,4	9,1	10,0	10,8	11,7	12,9	14,2	15,8	17,8	20,1	22,7
30	2,5	3,4	4,3	5,2	5,9	6,8	7,5	8,3	9,0	9,7	10,6	11,5	12,7	14,0	15,5	17,4	19,9	22,5
35	2,4	3,3	4,2	5,1	5,8	6,6	7,3	8,2	8,8	9,5	10,3	11,3	12,4	13,7	15,1	17,1	19,6	22,3
40	2,2	3,1	4,0	4,9	5,7	6,4	7,1	7,9	8,6	9,3	10,1	11,0	12,1	13,4	14,9	16,9	19,3	22,1
45	2,1	3,0	3,9	4,7	5,4	6,1	6,8	7,6	8,3	9,0	9,9	10,8	11,9	13,0	14,6	16,5	19,0	22,0
50	2,1	3,0	3,8	4,4	5,2	5,9	6,6	7,2	8,0	8,7	9,7	10,5	11,6	12,9	14,5	16,0	18,5	22,0
55	2,0	2,9	3,6	4,2	4,9	5,7	6,3	7,0	7,7	8,5	9,2	10,1	11,1	12,4	13,8	15,6	17,5	21,0
60	1,9	2,6	3,3	4,0	4,8	5,3	6,0	6,8	7,4	8,2	8,9	9,8	10,8	12,0	13,4	15,0	17,5	21,0
65	1,8	2,5	3,2	3,8	4,5	5,1	5,8	6,5	7,1	8,0	8,7	9,5	10,4	11,6	13,0	14,5	17,0	20,5
70	1,7	2,2	3,0	3,7	4,3	4,9	5,5	6,2	6,8	7,6	8,3	9,0	10,0	11,1	12,5	14,0	16,1	19,8
75	1,6	2,1	2,8	3,4	4,0	4,7	5,2	5,9	6,5	7,3	8,0	8,8	9,7	10,8	12,0	13,6	15,7	19,0
80	1,5	2,0	2,7	3,3	3,7	4,4	5,0	5,6	6,3	6,8	7,7	8,4	9,3	10,3	11,6	13,0	15,0	18,0
85	1,4	1,9	2,5	3,0	3,6	4,2	4,7	5,3	5,9	6,5	7,3	8,0	8,9	9,9	11,0	12,7	14,6	17,8
90	1,3	1,8	2,3	2,8	3,4	4,0	4,5	5,1	5,6	6,3	6,9	7,8	8,7	9,5	10,8	12,2	14,0	17,0
95	1,3	1,8	2,3	2,8	3,4	4,0	4,5	5,1	5,6	6,3	6,9	7,8	8,7	9,5	10,8	12,2	14,0	17,0



Caracterización según ensayos de FLEXIÓN

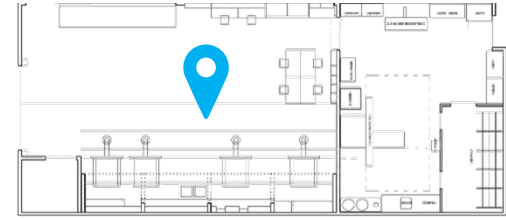


RECEPCIÓN DE LAS PROBETA/S >

> **ACONDICIONAMIENTO:** Cámara climática a $20\pm 2^{\circ}\text{C}$ y $65\pm 5\%$ HR. Pesadas sucesivas.

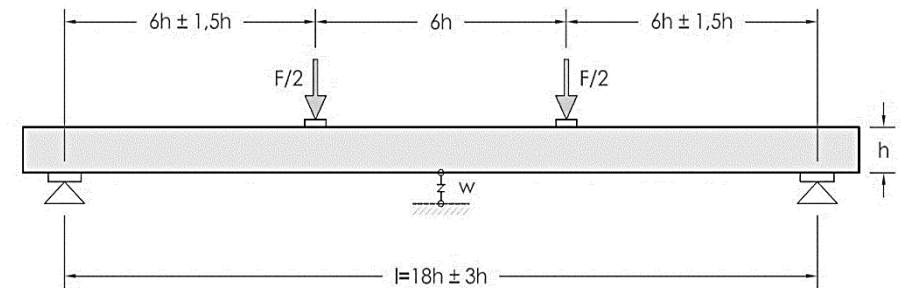


Caracterización según ensayos de FLEXIÓN



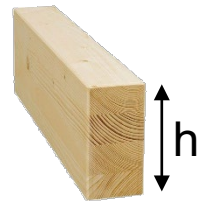
RECEPCIÓN DE LAS PROBETA/S > ACONDICIONAMIENTO

- > **ENSAYO MECÁNICO:** Resistencia y rigidez. Colocación de la probeta.
Consideraciones previas



Largo de la probeta: al menos 19h

Ej. Vigas de 120x200 mm
Longitud mínima para ensayo: 3'8m



Caracterización según ensayos de FLEXIÓN

RECEPCIÓN DE LAS PROBETAS > ACONDICIONAMIENTO

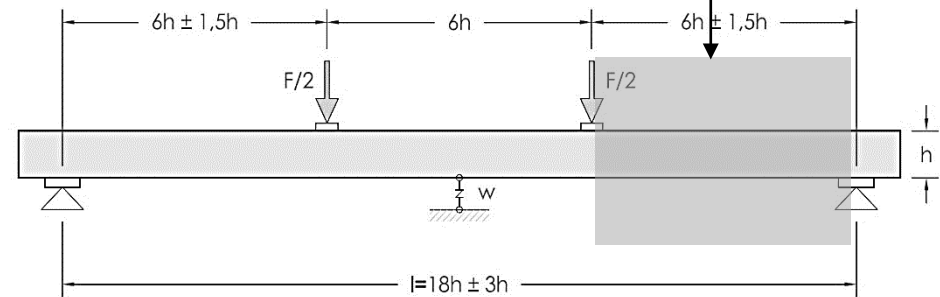
> ENSAYO MECÁNICO: Resistencia. Condiciones de ensayo.



Tiempo de ensayo: 300 ± 120 segundos.

Velocidad: constante durante el ensayo.

$$f_m = \frac{3Fa}{bh^2}$$



Caracterización según ensayos de FLEXIÓN

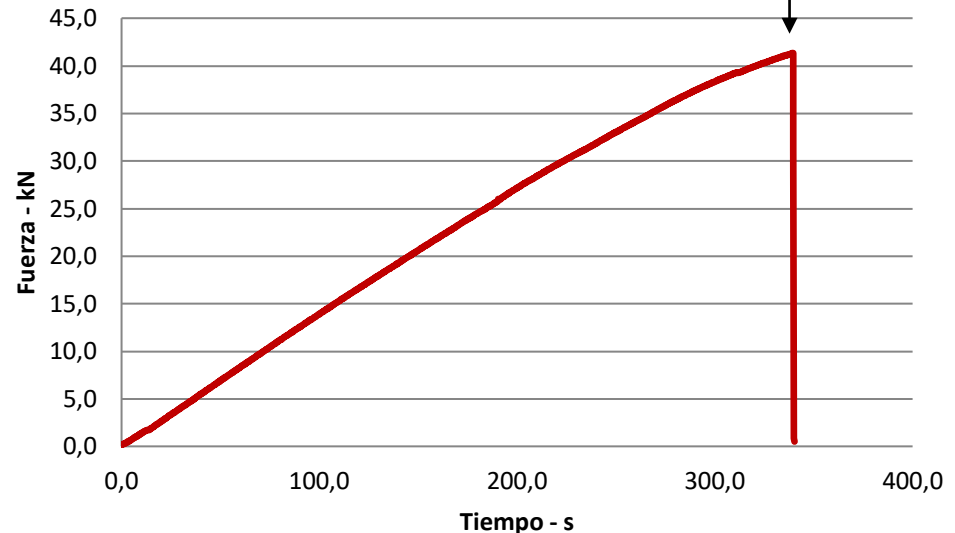
RECEPCIÓN DE LAS PROBETAS > ACONDICIONAMIENTO

> ENSAYO MECÁNICO: Resistencia. Expresión de resultados.



Resistencia
 f_m (N/mm²)

$$f_m = \frac{3Fa}{bh^2}$$



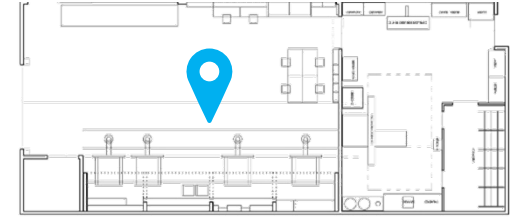
Caracterización según ensayos de FLEXIÓN

RECEPCIÓN DE LAS PROBETAS > ACONDICIONAMIENTO

> ENSAYO MECÁNICO: Resistencia. Expresión de resultados.



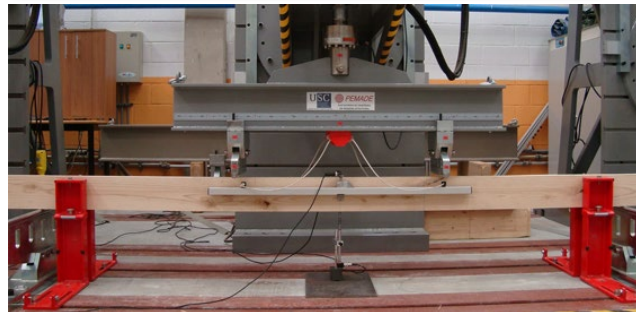
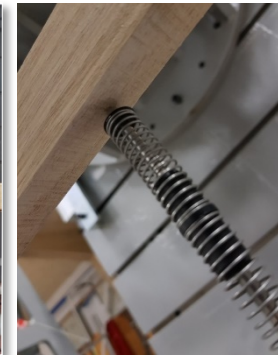
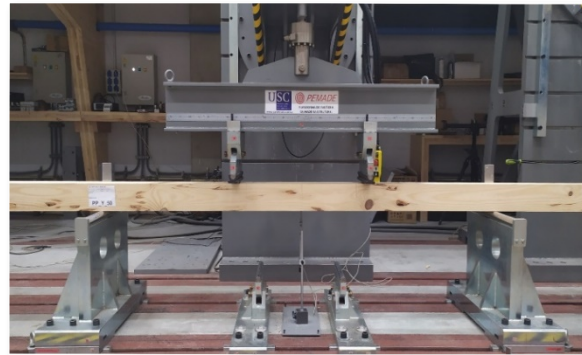
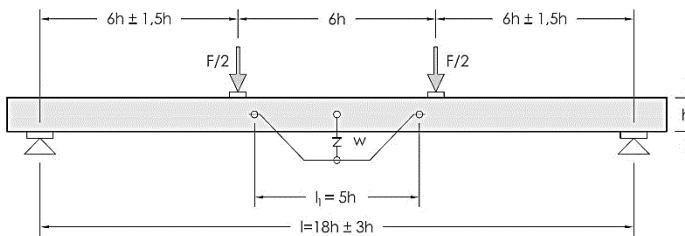
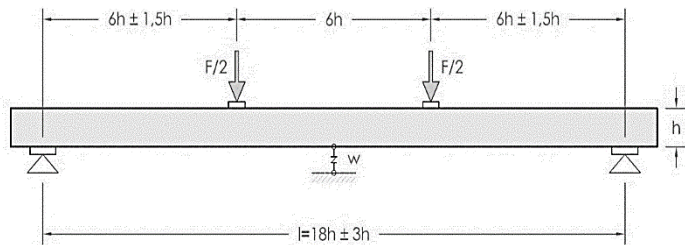
Caracterización según ensayos de FLEXIÓN



RECEPCIÓN DE LAS PROBETAS > ACONDICIONAMIENTO

> ENSAYO MECÁNICO: Rigidez. Condiciones de ensayo.

Módulo de elasticidad global y local.

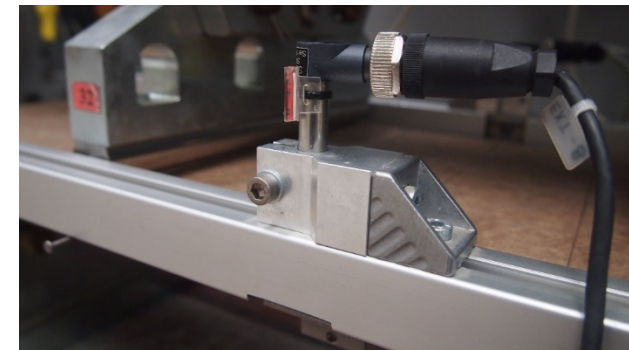
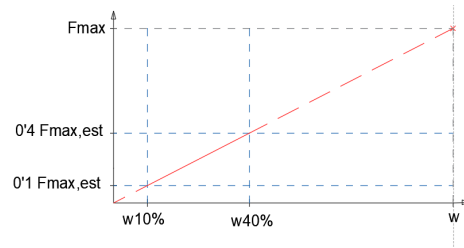
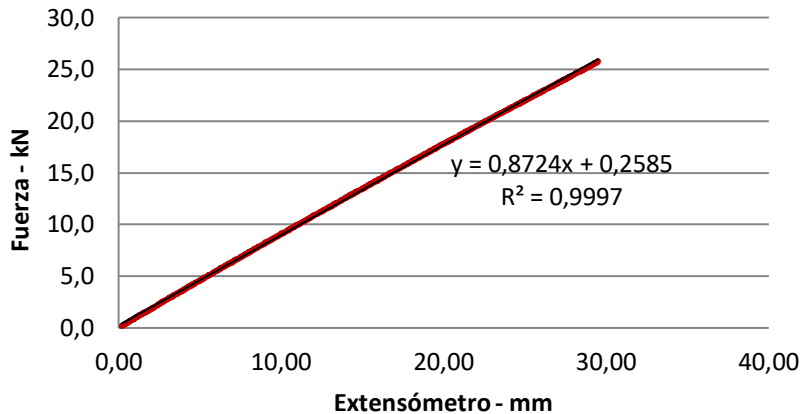


Caracterización según ensayos de FLEXIÓN

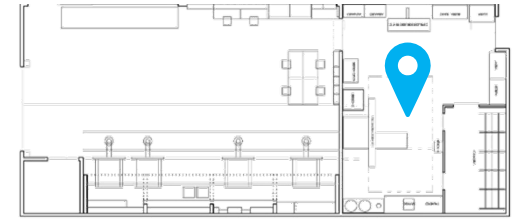
RECEPCIÓN DE LAS PROBETAS > ACONDICIONAMIENTO

> ENSAYO MECÁNICO: Rigidez. Expresión de resultados.

Módulo de elasticidad



Caracterización según ensayos de FLEXIÓN



RECEPCIÓN DE LAS PROBETAS > ACONDICIONAMIENTO > ENSAYO MECÁNICO
 > ENSAYO DE PROPIEDADES FÍSICAS: Humedad y densidad

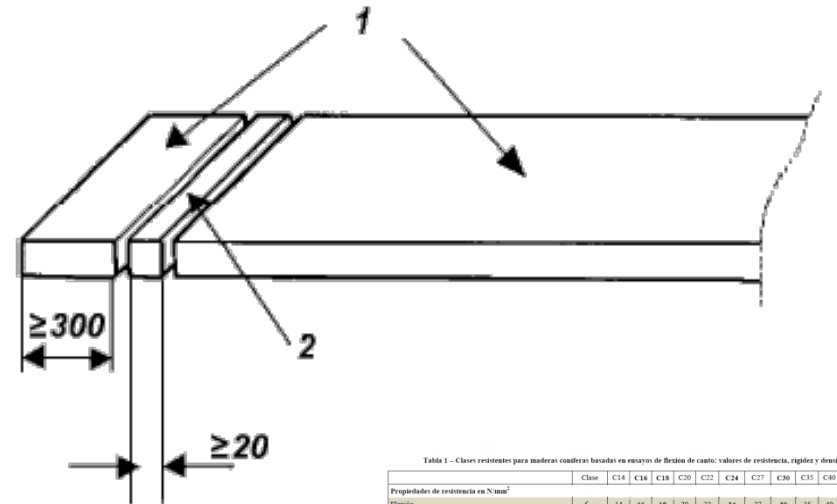


Tabla 1 - Clases resistentes para maderas cuadras basadas en ensayos de flexión de canto: valores de resistencia, rigidez y densidad

	Clase	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Propiedades de resistencia en N/mm²													
Flexión	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
Tensión paralela a la fibra	f_{tk}	7,2	8,5	10	11,5	13	14,5	16,5	19	22,5	26	30	33,5
Tensión perpendicular a la fibra	$f_{t90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Compresión paralela a la fibra	$f_{c,k}$	16	17	18	19	20	21	22	24	25	27	29	30
Compresión perpendicular a la fibra	$f_{c90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0
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
Propiedades de rigidez en kN/mm²													
Módulo de elasticidad medio en flexión paralela a la fibra	$E_{m,mean}$	7,0	8,0	9,0	9,5	10,0	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0
Módulo de elasticidad característico en flexión paralela a la fibra (5% percentil)	$E_{m,5k}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,1	10,7
Módulo de elasticidad transversal medio	$E_{m,90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
Módulo de cortante medio	$G_{m,mean}$	0,44	0,50	0,54	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00
Densidad en kg/m³													
Densidad característica (5% percentil)	ρ_k	290	310	328	330	340	350	360	380	390	400	410	430
Densidad media	ρ_{mean}	350	370	380	400	410	420	430	460	470	480	490	520
NOTA 1: Los valores dados en esta tabla para la resistencia a tracción, tensión a compresión, tensión a cortante, módulo de elasticidad característico en flexión, módulo de elasticidad transversal medio y módulo de cortante medio se han calculado utilizando los valores dados en la Norma EN 384.													
NOTA 2: Los valores de resistencia a tracción se han estimado de forma conservadora teniendo en cuenta que la clasificación se ha realizado partiendo de la resistencia a flexión.													
NOTA 3: Las propiedades relacionadas en esta tabla son aplicables a la madera que presente un contenido de humedad que corresponde a una temperatura de 20 °C y una humedad relativa del 65%, lo que equivale a un contenido de humedad del 12% para la mayor parte de la especie.													
NOTA 4: Los valores característicos de resistencia a cortante son para maderas sin flujos, de acuerdo a la Norma EN 408.													
NOTA 5: Los datos pueden aplicarse también a maderas laminadas que presenten un perfil maestro y densidad variables, tales como el chopo o el castaño.													
NOTA 6: La resistencia a la flexión de canto puede utilizarse también en el caso de flexión de tabla.													

Caracterización según ensayos de FLEXIÓN



Tabla 1 – Clases resistentes para maderas coníferas basadas en ensayos de flexión de canto: valores de resistencia, rigidez y densidad

Clase	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	
Propiedades de resistencia en N/mm²													
Flexión	$f_{b,0}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
Tensión paralela a la fibra	$f_{t,0}$	7,2	8,5	10	11,5	13	14,5	16,5	19	22,5	26	30	33,5
Tensión perpendicular a la fibra	$f_{t,90}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Compresión paralela a la fibra	$f_{c,0}$	16	17	18	19	20	21	22	24	25	27	29	30
Compresión perpendicular a la fibra	$f_{c,90}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,6	2,5	2,7	2,7	2,8	2,9	3,0
Carácter	$f_{c,90}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Propiedades de rigidez en kN/mm²													
Módulo de elasticidad medio en flexión paralela a la fibra	$E_{0,050}$	7,0	8,0	9,0	9,5	10,0	11,0	11,5	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0
Módulo de elasticidad característico en flexión paralela a la fibra (5% percentil)	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,1	10,7
Módulo de elasticidad transversal medio	$E_{0,050,90}$	0,33	0,37	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53
Módulo de elasticidad transversal característico	$E_{0,05,90}$	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,86	0,94	1,00
Densidad en kg/m³													
Densidad característica (5% percentil)	ρ_k	290	310	320	330	340	350	360	380	390	400	410	430
Densidad media	ρ_{med}	350	370	380	400	410	420	430	460	470	480	490	520

NOTA 1: Los valores dados en esta tabla para la resistencia a la tracción, resistencia a la compresión, resistencia a la flexión, módulo de elasticidad transversal medio y módulo de elasticidad característico en flexión paralela a la fibra se calculan utilizando las ecuaciones dadas en la Norma EN 384.
 NOTA 2: Los valores de resistencia a la tracción y a la compresión de maderas resinosas dadas en esta tabla se refieren a la resistencia paralela de la resistencia a la flexión.
 NOTA 3: Los percentiles relacionados en esta tabla son aplicables a la madera que presente un contenido de humedad que corresponde a una temperatura de 20 °C y una humedad relativa del 65%. Se expresará un contenido de humedad del 17% para la mayor parte de la especie.
 NOTA 4: Los valores característicos de resistencia a la tracción y a la compresión se refieren a la resistencia a la flexión, de acuerdo a la Norma EN 408.
 NOTA 5: Las clases pueden aplicarse también a maderas Broadleaf que presenten un perfil resinoso y densidad similares, salvo cuando el diseño o el carácter.
 NOTA 6: La resistencia a la flexión de canto puede utilizarse también en el caso de flexión de lado.

norma española

UNE-EN 14358

Noviembre 2016

TÍTULO

Estructuras de madera

Determinación y verificación de los valores característicos



Norma Española
UNE-EN 384
Noviembre 2016
Versión corregida, Mayo 2017

Madera estructural

Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico CTN 56 Madera y corcho, cuya secretaría desempeña AITIM.



Gracias por su atención



PEMADE

Escuela Técnica Superior de Lugo
Campus Universitario de Lugo USC
Rúa Benigno Ledo nº2
27002 – Lugo
Tfno.: 982 82 36 54

pemade.usc@gmail.com
maria.portela.barral@usc.es

Caracterización de la **madera local**

Ensayo mecánico a flexión (UNE EN-408)

Medida	Valor	Unidad
Resistencia	187,03	N/mm ²
Deformación	4,999	mm/mm
Modulo de elasticidad	24,01	GPa
Resistencia a tracción	4,144	N/mm ²
Resistencia a compresión	7,720	N/mm ²
Resistencia a flexión	2,402	N/mm ²
Resistencia a torsión	24,74	N/mm ²