

guía da madeira estrutural



XUNTA DE GALICIA

Prólogo

Con esta publicación, a Consellería de Vivenda e Solo xunto coa Consellería de Innovación e Industria e o CIS-Madeira, trata de achegar a todos os galegos e as galegas o emprego da madeira no sector da construción.

Unha das principais liñas de traballo da Consellería que presido é elevar os estándares de calidade arquitectónica e construtiva da edificación en Galiza, e o uso de materiais como a madeira é especialmente acaído para este fin.

A madeira é un material nobre e renovable, polo tanto o seu uso contribúe a sustentabilidade, tanto en termos económicos como medioambientais, e ao aforro enerxético, preocupacións compartidas por toda a sociedade galega.

O emprego da madeira ofrece amplas posibilidades e a Consellería de Vivenda e Solo trata de fomentar o seu uso, tanto nas edificacións promovidas dende as administracións públicas, como nas impulsadas polo sector privado, na rehabilitación e nas obras de nova construción.

Esperamos que esta guía da madeira estrutural adaptada á realidade galega sexa un paso adiante neste senso, e confiamos en que estes principios sexan compartidos por todos os axentes que interveñen no proceso edificatorio.

Autores

Xosé Francisco Pedras Saavedra
Gonzalo Piñeiro Veiras
Concepción Docampo Sanromán
M^a Azahara Soilán Cañas

Créditos fotográficos

Bun Phannara: portada
Mani Moretón: p. 10, p. 17
Resto fotos archivo fotográfico do Cis-Madeira

Impresión

Rodi Artes Gráficas S.L.

Diseño y Maquetación

Enyiris S.L.

Depósito Legal

0000000

© Copyright

Fundación para o Fomento da Calidade Industrial e Desenvolvemento Tecnolóxico de Galicia (CIS-Madeira)

© Copyright

Autores

Índice

Introdución	7
Clasificación visual da madeira serrada para uso estrutural. Madeira de coníferas	9
Clasificación visual da madeira serrada para uso estrutural. Madeira de frondosas	12
Clasificación estrutural mediante máquina	14
Asignación de clases resistentes	15
Madeira laminada estrutural	17
Factores que inflúen no cálculo con madeira	20
Exemplo de cálculo dun forxado de madeira	21
Recepción en obra da madeira estrutural	23
Marcado CE	25
ANEXO I. Medición das características e singularidades da madeira	29
ANEXO II. Factores de corrección da resistencia	36
Dispoñible no CD	
Clases resistentes e valores característicos de madeira serrada. (EN 338:2003) ANEXO III	
Clases resistentes e valores característicos da madeira laminada (EN 1194:1999) ANEXO IV	
Clases resistentes por asignación de calidades visuais (UNE-EN 1912:2005+A1:2007) ANEXO V	
Nomenclatura das especies utilizadas en Europa (UNE-EN 13556:2003) ANEXO VI	
Código de marcado para combinacións de especies (UNE-EN 14081-1:2006) ANEXO VII	
Comprobacións a realizar no cálculo dun forxado ANEXO VIII	
Adhesivos na madeira laminada encolada estrutural ANEXO IX	
Listado de normas relacionadas co Código Técnico da edificación e coa madeira estrutural ANEXO X	

Introducción

A madeira é un material renovable que presenta importantes variacións nas súas propiedades en función da especie de madeira, a súa xenética e das condicións de crecemento. Estas propiedades non varían unicamente entre árbores, senón que incluso nunha mesma árbore pódense encontrar variacións tanto na dirección transversal da madeira, como ao longo do tronco.

Debido a esta variabilidade natural da madeira, que afecta ás súas propiedades mecánicas (resistencia a flexión e módulo de elasticidade), é necesario realizar unha clasificación estrutural da madeira comercial en función dunha serie de aspectos e singularidades, que permita asignarlle a cada peza uns valores característicos de resistencia.

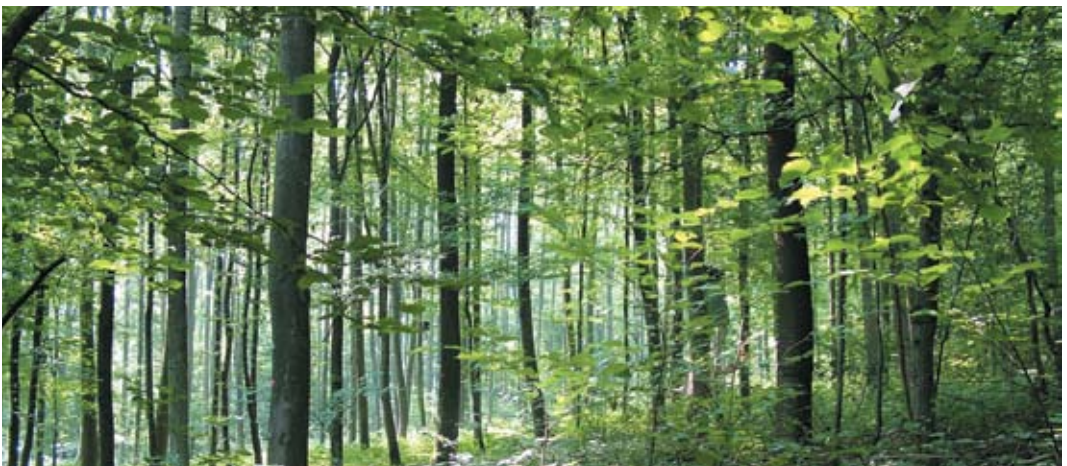
Desta forma, a clasificación estrutural da madeira permite poñer no mercado europeo un material normalizado en termos mecánicos (módulo de elasticidade, resistencia a flexión ...), dimensionais (anchura, espesor e lonxitude), físicos (contido de humidade, densidade) e estéticos (cantidade e tipo de nós, xemas, alteracións biolóxicas).

A implantación nos próximos anos da obrigatoriedade do mercado CE tanto na madeira serrada estrutural como na laminada, vai lle permitir traballar en igualdade de condicións con outros materiais estruturais estandarizados.

Con referencia á situación actual da construción con madeira en España, cabe destacar a aprobación do Código Técnico da Edificación (CTE), que recolle o Documento Básico de Seguridade Estrutural en Madeira (DB SE-M).

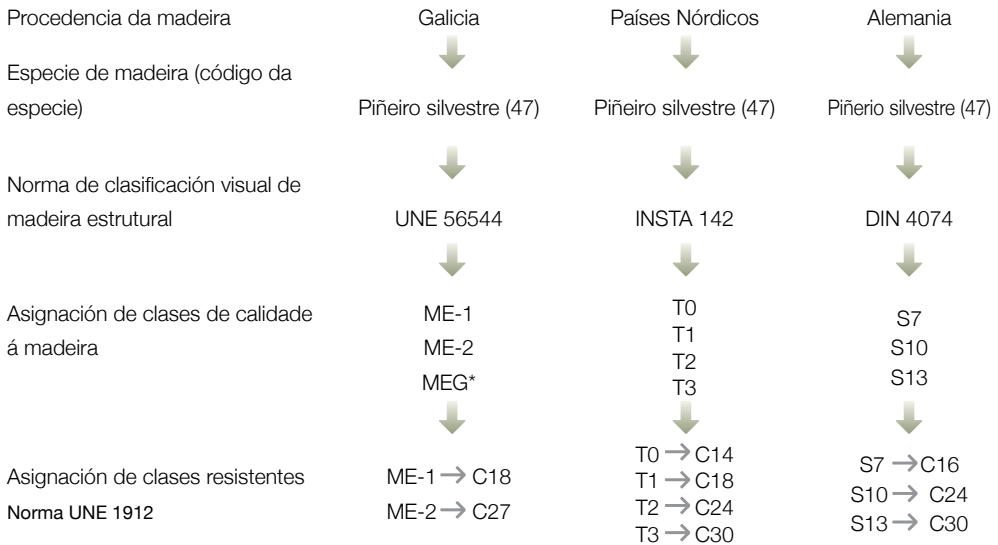
Con respecto á forma de clasificación estrutural da madeira serrada, en Europa existen dous sistemas normalizados:

- Clasificación visual.
- Clasificación mediante máquina.



No caso de empregar un sistema de clasificación visual, o procedemento de asignación de calidades e clases resistentes é o seguinte:

PROCEDEMENTO DE CLASIFICACIÓN VISUAL ESTRUCTURAL E ASIGNACIÓN DE CLASES RESISTENTES



* Clase de calidade recollida na norma UNE 56544:2007, de asignación de clases resistentes para pezas con espesor maior de 70 mm. Actualmente en fase de tramitación para a súa inclusión na norma UNE-EN 1912:2004+A1:2007.

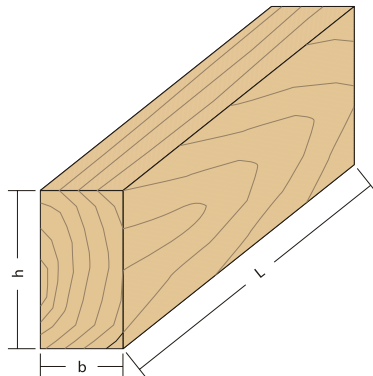
Na clasificación mediante máquina, o equipo de clasificado permite asignar directamente unha clase resistente a cada unha das pezas.



Clasificación visual da madeira serrada para uso estrutural. Madeira de Coníferas

A norma UNE 56544:2007 “Clasificación visual de la madera aserrada de uso estructural. Madera de coníferas”, establece o sistema de clasificación visual aplicable á madeira serrada para uso estrutural de sección rectangular das especies Piñeiro silvestre (*Pinus sylvestris L.*), Piñeiro laricio (*Pinus nigra Arn. var. Salzmanii*), Piñeiro galego e da meseta (*Pinus pinaster Ait.*) e Piñeiro insigne (*Pinus radiata D. Don*) de procedencia española.

O sistema de clasificación so é valido cando as pezas van ser colocadas en obra de canto.



Nomenclatura

h: anchura da cara

b: grosor da peza

L: lonxitude

En arquitectura:

h: canto

b: cara

A norma permite clasificar a madeira en verde ou despois do seu secado, segundo os seguintes criterios:

- Madeira clasificada en seco: cando a humidade media sexa inferior ou igual ao 20% (25% para pezas de sección maior de 200 cm²), pero sen que ningunha lectura individual exceda o 25 % (30% para pezas de sección maior de 200 cm²). A marca será CS ou DG-DRY GRADED.
- Madeira clasificada en húmido: cando o contido de humidade non cumpra co criterio da clase anterior. A marca será CH ou WG-WET GRADED.



A humidade da madeira deberá quedar claramente establecida e marcada coas denominacións anteriores polas seguintes razóns:

- Na madeira clasificada en húmido (marcada como CH ou WG-WET GRADED) poden producirse, con posterioridade á clasificación, fendas, deformacións e cambios dimensionais que aparecerán gradualmente no proceso de secado. Deberá terse en conta que esta madeira non incorporou no clasificado nin as especificacións por fendas nin as esixencias de deformación máxima.
- Se a madeira foi clasificada en seco (marcado CS ou DG-DRY GRADED), incorporase xa a avaliación das fendas, deformacións e densidade.
- As especificacións por tamaño de fendas refírense a un contido de humidade do 20%, unha madeira con contido de humidade inferior ao 20% poderá presentar fendas de tamaño lixeiramente superior ao especificado na norma, sen que por iso deba ser considerada de calidade inferior.
- Para evitar que o comprador da madeira clasificada en húmido teña grandes perdas por deformacións excesivas, a norma establece unha forma indirecta de limitalas ao incorporar especificacións por tamaño máximo do anel de crecemento.

Esta norma considera as seguintes calidades de madeira:

- **ME-1 e ME-2** para pezas con grosor menor ou igual a 70 mm.
- **MEG** (Madeira Estrutural Grosa Escuadría) para pezas con grosor maior de 70 mm.



CRITERIOS DE CALIDADE	ME-1 (b ≤ 70 mm)	ME-2 (b ≤ 70 mm)	MEG (b > 70 mm)
NÓS NA CARA (h)	$d < 1/5$ de "h"	$d \leq 1/2$ de "h"	$d \leq 2/3$ de "h"
NÓS NO CANTO (b)	$d \leq 1/2$ de "b" e $d \leq 30$ mm	$d \leq 2/3$ de "b"	$d \leq 2/3$ de "b"

Nota: Os nós con diámetro menor ou igual a 10 mm poden desprezarse excepto nos nós pasantes.

ANCHURA MÁXIMA DO ANEL	(só si se clasifica en verde)		
-Piñeiro silvestre	≤ 4 mm	Sen limitación	Sen limitación
-Piñeiro laricio	≤ 5 mm	Sen limitación	Sen limitación
-Piñeiro galego e pinaster	≤ 8 mm	Sen limitación	Sen limitación
-Piñeiro insigne (radiata)	≤ 10 mm	Sen limitación	Sen limitación
FENDAS DE SECADO (a un 20% de c. de humidade)	$f \leq 2/5$	$f \leq 3/5$	$f \leq 3/5$
FENDAS DE ABATEMENTO, RAIO E XEADA	Non admitidas	Non admitidas	Non admitidas

Nota: As fendas de secado só se considerarán se a súa lonxitude é maior que a menor das seguinte dimensión: 1/4 da lonxitude da peza ou 1 m.

CEBOLA	Non admitida	Non admitida	Non admitida
BOLSAS DE RESINA E ENTRECASCO	Admitense se a súa lonxitude é ≤ 1,5 · "h"		
MADEIRA DE COMPRESIÓN	Admisible en 1/5 da sección ou da superficie externa da peza	Admisible en 2/5 da sección ou da superficie externa da peza	
DESVIACIÓN DA FIBRA	1:10 (10%)	1:6 (16,7%)	1:6 (16,7%)
XEMA OU FARDA	Longo ≤ 1/4 de "L" D. relativa $g \leq 1/4$	Longo ≤ 1/3 de "L" D. relativa $g \leq 1/3$	Longo ≤ 1/3 de "L" D. relativa $g \leq 1/3$
MEDULA	Admitida en CS. Non admitida en CH.	Admitida	Admitida
ALTERACIÓNS BIOLÓXICAS			
- Visgo (v. Álbum)	Non se admite		
- Azulado	Admitido		
- Podremia	Non admitido		
- Galería de insectos xilófagos	Non admitido		
DEFORMACIÓNS MÁXIMAS			
- Curvatura de cara	10 mm (para L de 2 m)	20 mm (para L de 2 m)	20 mm (para L de 2 m)
- Curvatura de canto	8 mm (para L de 2 m)	12 mm (para L de 2 m)	12 mm (para L de 2 m)
- Alabeo	1 mm (por cada 25 mm de "h" e para un L de 2 m)	2 mm (por cada 25 mm de "h" e para un L de 2 m)	2 mm (por cada 25 mm de "h" e para un L de 2 m)
- Abarquillado	1/25 de "h"	1/25 de "h"	1/25 de "h"

Clasificación visual da madeira serrada para uso estrutural. Madeira de Frondosas

A norma UNE 56546:2007 “Clasificación visual de la madera aserrada de uso estructural. Madera de frondosas”, establece o sistema de clasificación visual aplicable á madeira serrada para uso estrutural de sección rectangular con sección non superior a 60 mm x 200 mm ($b \leq 60$ mm e $h \leq 200$ mm) de Eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.) de procedencia española.

O sistema de clasificación só é valido cando as pezas van ser colocadas en obra de canto.

Ao igual que a norma UNE 56544:2007 esta norma permite a clasificación da madeira tanto en húmido (CH) como en seco (CS).¹

Esta norma considera unha única calidade para a madeira de eucalipto, denominada MEF (Madeira Estrutural de Frondosas).



¹ Ver páxina 9.

CRITERIOS DE CALIDADE	MEG ($b \leq 60$ mm e $h \leq 200$ mm)
-----------------------	---

NÓS NA CARA (h)	$d \leq 1/3$ de "h"
-----------------	---------------------

NÓS NO CANTO (b)	$d \leq 1/2$ de "b"
------------------	---------------------

Nota: Os nós con diámetro menor ou igual a 10 mm poden desprezarse excepto nos nós pasantes.

FENDAS DE SECADO (a un 20% de c. de humidade)	Para fendas pasante de testa $L \leq$ "h", no resto $f \leq 1/2$ de "b"
---	---

FENDAS DE ABATEMENTO, RAIO E XEADA	Non admitidas
------------------------------------	---------------

Nota: As fendas de secado só se considerarán se a súa lonxitude é maior que a menor das seguinte dimensión: ¼ da lonxitude da peza ou 1 m.

CEBOLA	Non admitida
--------	--------------

MADEIRA DE TRACCIÓN	Admisible en 1/5 da sección ou en 1/5 da superficie externa da peza.
---------------------	--

DESVIACIÓN DA FIBRA	1:10 (10%)
---------------------	------------

XEMA OU FARDA	Longo $\leq 1/4$ de "L" $g \leq 1/4$
---------------	---

MEDULA	Non admitida
--------	--------------

ALTERACIÓNS BIOLÓXICAS

- Podremia	Non admitido
------------	--------------

- Galería de insectos xilófagos	Non admitidos ataques activos. En caso de ataques inactivos, admítense orificios illados de ata 2 mm de diámetro.
---------------------------------	---

DEFORMACIÓNS MÁXIMAS

- Curvatura de cara	10 mm (para L de 2 m)
---------------------	-----------------------

- Curvatura de canto	8 mm (para L de 2 m)
----------------------	----------------------

- Alabeo	1 mm (por cada 25 mm de "h" e para un L de 2 m)
----------	---

- Abarquillado	1/25 de "h"
----------------	-------------

Nota: As deformacións están referidas a un 20 % de contido de humidade. Poden aceptarse deformacións maiores sempre que non afecten á estabilidade da construción (porque poden corrixirse durante a fase de montaxe) e exista acordo ao respecto entre fornecedor e cliente.

Clasificación estrutural mediante máquina

Co fin de aumentar a exactitude e a eficacia do sistema de clasificación visual estrutural da madeira, véñense desenvolvendo outros sistemas de clasificación baseados no emprego de máquinas que se basean na medición dunha determinada propiedade indicadora da madeira, que normalmente está relacionada con algunha propiedade mecánica como pode ser o módulo de elasticidade ou nunha combinación de medida de parámetros físicos e anatómicos como a densidade ou a nodosidade.

Estes equipos necesitan para cada especie de madeira unha base de datos que agrupe as propiedades físicas e mecánicas da peza así como a propiedade indicadora medida polo equipo. A análise destes datos permite obter unha relación entre a propiedade indicadora e a resistencia da madeira.

Tipos principais de equipos:

- **Máquinas de flexión:** calculan o módulo de elasticidade de cada peza a partir de medir a carga que é necesario realizar para conseguir unha deformación determinada, ou ben aplican unha carga constante e fan a medición da frecha obtida na peza.
- **Máquinas de vibración:** basean o seu funcionamento en estimar o módulo de elasticidade a través da análise do espectro de vibración da madeira sometida a un choque mecánico.
- **Máquinas mixtas:** incorporan ademais sistemas complementarios de medición de densidade e nodosidade (raios X e visión artificial), que melloran os rendementos de clasificado.

Co emprego das máquinas de clasificación automática obtense directamente a clase resistente de cada peza de madeira que se ensaia. Este feito fai que exista un importante interese por este sistema de clasificación en Europa. Nestes momentos o emprego de equipos mecánicos para a clasificación estrutural da madeira está regulado polas normas EN 14081-1, EN 14081-2, EN 14081-3 e EN 14081-4.

Na actualidade o emprego destes equipos é habitual nos serradoiros de Estados Unidos e tamén dos Países Nórdicos. No caso de España esta técnica está aínda pouco implantada.

Asignación de clases resistentes

A Norma EN 338:2003 “Madera estructural. Clases resistentes”, define o sistema de clases resistentes que permite reagrupar as calidades e especies de madeira que teñen niveis de resistencia similar, permitindo que existan diferentes opcións de abastecemento para unha mesma aplicación. Desta forma as especificacións estruturais da madeira realizadas polo proxectista (definición da clase resistente e dimensións), poderá ser cuberta por diferentes tipos de especies e calidades de madeira.

As diferentes clases resistentes están designadas por unha letra (C no caso de madeira de coníferas e de chopo e D no caso de madeira de frondosas) e un número que indica o valor de resistencia característica a flexión en N/mm².

A continuación recóllense as propiedades resistentes¹ para as clases máis usuais no mercado.

		Coníferas e chopo					Frondosas			
		C14	C16	C18	C24	C27	C30	D30	D35	D40
Propiedades resistentes en N/mm ²										
Flexión	$f_{m,k}$	14	16	18	24	27	30	30	35	40
Tracción paralela	$f_{t,0,k}$	8	10	11	14	16	18	18	21	24
Tracción perpendicular	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Compresión paralela	$f_{c,0,k}$	16	17	18	21	22	23	23	25	26
Compresión perpendicular	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,5	2,6	2,7	8,0	8,4	8,8
Cortante	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,5	2,8	3,0	3,0	3,4	3,8
Propiedades de rixidez en kN/mm ²										
Mód. elasticidade paralelo medio	$E_{o,medio}$	7	8	9	11	12	12	10	10	11
Mód. elasticidade paralelo 5º percentil	$E_{0,k}$	4,7	5,4	6,0	7,4	8,0	8,0	8,0	8,7	9,4
Mód. elasticidade perpendicular medio	$E_{90,medio}$	0,23	0,27	0,30	0,37	0,40	0,40	0,64	0,69	0,75
Módulo cortante medio	G	0,44	0,50	0,56	0,69	0,75	0,75	0,60	0,65	0,70
Densidade en Kg/m ³										
Densidade característica	ρ_k	290	310	320	350	370	380	530	560	590
Densidade media	ρ_{media}	350	370	380	420	450	460	640	670	700

Nota: estas propiedades son aplicables a madeira que presenta un contido de humidade que se corresponde a unha temperatura de 20° C e unha humidade relativa do 65%. Na maioría das coníferas correspóndese cunha humidade de equilibrio do 12%.

¹ Ver anexo de factores de corrección de resistencia para madeira maciza cando h<150 mm. Páxina 36.

Para a asignación dunha clase resistente a unha madeira existen dúas posibilidades normativizadas:

- No caso de madeira clasificada mecanicamente a asignación é realizada directamente polo equipo conforme aos criterios establecidos nas Normas EN 14081-2 e EN 14081-3.
- No caso de realizar a clasificación estrutural de forma visual, despois de analizar a calidade da madeira segundo a correspondente norma de clasificación, en función da especie e da procedencia da madeira, é necesario proceder á asignación dos valores característicos de resistencia, segundo a norma EN 1912:2004+A1:2007 “Madera Estructural. Clases resistentes. Asignación de calidades visuales y especies”.

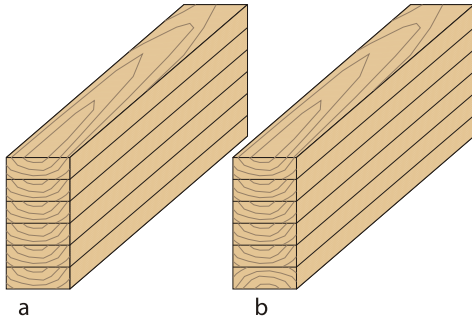
A continuación recóllese a asignación de clases resistentes das principais especies comerciais europeas.

Norma e País que a publica	Especie (procedencia/ID especie)	Clases resistentes								
		C14	C16	C18	C24	C27	C30	D30	D35	D40
UNE 56.544 (España)	Piñeiro silvestre (España/47)			ME-2 MEG*		ME-1				
	Piñeiro pinaster (España/44)			ME-2	ME-1					
	Piñeiro radiata (España/49)		MEG*	ME-2	ME-1					
	Piñeiro laricio (España/39)			ME-2 MEG*			ME-1			
UNE 56.546 (España)	Eucalito globulus (España)									MEF
NF B 52.001-4 (Francia)	Abeto (Francia/22)			ST-III	ST-II		ST-I			
	Picea (Francia/1)			ST-III	ST-II		ST-I			
	Piñeiro Oregón (Francia/54)			ST-III	ST-II					
	Piñeiro pinaster (Francia)			ST-III	ST-II					
	Alerce (Francia/39)			ST-III	ST-II	ST-I				
DIN 4074 Parte 1 (Alemaña)	Abeto (CNE de Europa/22)		S7		S10		S13			
	Picea (CNE de Europa/1)		S7		S10		S13			
	Piñeiro silvestre (CNE de Europa/47)		S7		S10		S13			
	Alerce (CNE de Europa/15)		S7		S10		S13			
	Piñeiro Oregón (Alemaña/54)		S7		S10					
DIN 4074 Parte 2 (Alemaña)	Faia (Alemaña/119)								LS10	LS13
	Carballo (Alemaña/122,123)							LS10		
INSTA 142 (Países nórdicos)	Abeto (NNE de Europa/1)	T0		T1	T2		T3			
	Picea (NNE de Europa/22)	T0		T1	T2		T3			
	Piñeiro silvestre (NNE de Europa/47)	T0		T1	T2		T3			
	Alerce (NNE de Europa/15)	T0		T1	T2		T3			
	Picea de Sitka (Dinamarca e Noruega/28)	T0		T1	T2					
NP 4305 (Portugal)	Piñeiro pinaster (Portugal/44)			E						

* Segundo Anexo Informativo B da UNE 56544:2007, de asignación de clases resistentes para pezas con espesor maior de 70 mm. Actualmente en fase de tramitación para a súa inclusión na norma UNE-EN 1912:2004+A1:2007.

Madeira laminada estrutural

A madeira laminada encolada (MLE) obtense a partir de láminas de madeira unidas mediante adhesivos tanto no sentido lonxitudinal como transversal, e coas súas fibras orientadas de forma paralela. As especies máis utilizadas tradicionalmente para a fabricación da madeira laminada son as coníferas como o abeto e o piñeiro.



a) Peza de madeira laminada con orientación xeral das láminas.

b) Peza de madeira laminada con orientación das láminas exteriores para clase de servizo 3.

A madeira serrada empregada pode ser da mesma clase resistente, polo que estaremos ante unha madeira laminada encolada homoxénea, ou as láminas externas ser dunha clase resistente superior, denominándose madeira laminada encolada combinada, considerándose láminas externas as situadas nos bordos superior e inferior da sección transversal con 1/6 do canto en ambos lados (polo menos dúas láminas).

O espesor de lámina está limitado por dous condicionantes, a clase de servizo¹ e pola curvatura da peza, se a tivese. Ademais está limitado o espesor máximo a 45 mm establecido na norma UNE-EN 386:2002, que pode diminuír en función da clase de servizo e da especie de madeira, tal como se recolle na seguinte táboa.

Clase de servizo

	1		2		3	
	t	A	t	A	t	A
Conífera	45	12.000	45	12.000	35	10.000
Froncosa	40	7.500	40	7.500	35	6.000

* Condicións de espesor "t" (mm) e sección da lámina "A" (mm²) en función do tipo de madeira e clase de servizo.

Nas pezas curvas, o espesor máximo está limitado polo radio de curvatura (r) das láminas e pola resistencia característica á flexión da unión dentada. O espesor final debe cumprir:

$$t \leq r/250(1 + f_{m,dc,k}/80)$$

¹Ver páxina 20.

Clases resistentes

O fabricante da madeira laminada garantirá os valores das propiedades de resistencia e rixidez das pezas, asignándolle unha clase resistente. Para a madeira laminada o sistema de clases resistentes está definido na norma UNE EN 1194:1999 “Estructuras de madera. Madera laminada encolada. Clases resistentes y determinación de los valores característicos”.

Esta norma distingue 8 clases resistentes de madeira laminada, se ben na práctica as clases resistentes máis empregadas son a GL24h e a GL28h

- 4 de composición homoxénea (GL 24h, GL 28h, GL 32h e GL 36h)
- 4 de composición combinada (GL 24c, GL 28c, GL 32c e GL 36c)

A continuación establécense os valores característicos de resistencia, rixidez e densidade para as clases resistentes¹ máis usuais.

Clase de resistencia da madeira laminada		GL 24h	GL 28h	GL 24c	GL 28c
Propiedades resistentes en N/mm ²					
Flexión	$f_{m,g,k}$	24	28	24	28
Tracción paralela	$f_{t,0,g,k}$	16,5	19,5	14	16,5
Tracción perpendicular	$f_{t,90,g,k}$	0,4	0,45	0,35	0,4
Compresión paralela	$f_{c,0,g,k}$	24	26,5	21	24
Compresión perpendicular	$f_{c,90,g,k}$	2,7	3,0	2,4	2,7
Cortante	$f_{v,g,k}$	2,7	3,2	2,2	2,7
Propiedades de rixidez en N/mm ²					
Mód. elasticidade paralelo medio	$E_{0,g,medio}$	11.600	12.600	11.600	12.600
Mód. elasticidade paralelo 5º percentil	$E_{0,g,05}$	9.400	10.200	9.400	10.200
Mód. elasticidade perpendicular medio	$E_{90,g,medio}$	390	420	320	390
Módulo cortante medio	$G_{g,medio}$	720	780	590	720
Densidade en Kg/m ³					
Densidade media	$\rho_{g,k}$	380	410	350	380

¹ Ver anexo de factores de corrección de resistencia para madeira laminada cando h<600 mm. Páxina 36.

Na táboa seguinte recóllense exemplos de correspondencia entre clases resistentes de madeira laminada e clases resistentes de madeira serrada coas que se fabrican as láminas.

Clase resistente MLE	GL24	GL28	GL32
MLE homoxénea	C24	C30	C40
MLE combinada (láminas exteriores/interiores)	C24/C18	C30/C24	C40/C30

Nalgúns mercados internacionais, aínda pode atoparse madeira laminada marcada coa denominación da norma DIN 1052-A1:1996-10. As equivalencias entre as clases resistentes da antiga norma DIN e a actual norma europea recóllense a continuación:

Denominación DIN 1052:1996	Equivalencia co novo sistema de clases resistentes
BS11	GL24h GL 24c
BS14	GL 28h GL 28c



Factores que inflúen no cálculo con madeira

Hai unha serie de factores que alteran as propiedades da madeira e que, por tanto, cómpre ter en conta á hora de calcular unha estrutura. Introdúcense no cálculo a través de determinados coeficientes que pretenden corrixir os valores teóricos das condicións de ensaio para aproximalos á situación real de traballo. Estes factores aparecen recollidos no Código Técnico de Edificación.

Calidade de madeira

A relación de calidades de madeira e clases resistentes, recóllese con carácter informativo no anexo C do CTE, DB SE-M. Estas asignacións están recollidas na norma UNE-EN 1912:2005+A1:2007 “Madera estructural. Clases resistentes. Asignación de calidades visuales y especies”. Esta norma, permite aos países ir incorporando novas especies e calidades visuais, de forma que se aumenta a dispoñibilidade de madeira estrutural.

Duración da carga

No caso do cálculo en madeira é preciso definir a duración de cada acción. A clase de duración xunto co tipo de material (maciza ou laminada) e a clase de servizo definen o valor do coeficiente k_{mod} que afectará ao valor característico das propiedades resistentes.

Clase de duración	Duración aproximada da acción en valor característico	Acción
Permanente	Máis de 10 anos	Permanente, peso propio.
Longa	De 6 meses a 10 anos	Apeos ou estruturas provisionais non itinerantes
Media	Dunha semana a 6 meses	Sobrecarga de uso: neve en localidades de > 1.000 m
Curta	Menos dunha semana	Vento; neve en localidades de < 1.000 m
Instantánea	Algúns segundos	Sismo

Condicións ambientais da estrutura

Para considerar o efecto das condicións ambientais (humidade relativa e temperatura) nas propiedades da madeira, defínense tres clases de servizo.

- **Clase de servizo 1.** Caracterízase por un contido de humidade da madeira correspondente a unha temperatura de $20 \pm 2^\circ \text{C}$ e unha humidade relativa do aire que só supera o 65% unhas poucas semanas ao ano.

- **Clase de servizo 2.** Caracterízase por un contido de humidade da madeira correspondente a unha temperatura de $20 \pm 2^\circ \text{C}$ e unha humidade relativa do aire que só supera o 85% unhas poucas semanas ao ano.
- **Clase de servizo 3.** Condicións ambientais que conduzan a un contido de humidade superior a clase de servizo 2.

Exemplo de cálculo dun forxado de madeira ¹



O cálculo dos elementos de madeira da obra debe cumprir coas especificacións recollidas no Código Técnico da Edificación, e exactamente o recollido no Documento Básico de Seguridade Estrutural en Madeira (DB SE-M).

Datos da obra e de cálculo

- Material: madeira con clase resistente C18.
- Clase de servizo: 1 (interior da vivenda) (definida en CTE, DB-SE-M, apartado 2.2.2.2).
- Uso do forxado: vivenda en edificio con altura de evacuación inferior a 15 m.
- Resistencia esixida ao lume: 60 minutos (CTE, DB-SE-SI, Táboa 3.1). Considérase que os pontóns están protexidos polo falso teito durante 30 minutos
- Velocidade de carbonización nominal de cálculo para madeira maciza de conífera cunha densidade característica $> 290 \text{ kg/m}^3$: $0,80 \text{ mm/min}$ (CTE, DB SI, Anexo E).
Sección a estudo: $100 \times 150 \text{ mm}$

¹ A resolución completa do exercicio pode consultarse no ANEXO VIII.

Resultado do cálculo

Índices de esgotamento para estado límite de servizo:

- Condición de integridade dos elementos construtivos: 47 %
- Condición de confort dos usuarios: 36,6 %
- Condición de aparencia da obra: 57,8 %

Estado límite último:

- **Flexión.** Para a combinación máis desfavorable a vigueta atópase a un 59 % da súa capacidade a flexión.
- **Cortante.** Para a combinación máis desfavorable a vigueta atópase a un 33 % da súa capacidade a cortante.
- **Flexión en situación de incendio (30 minutos).** Para a combinación máis desfavorable a vigueta atópase a un 67 % da súa capacidade a flexión.

En función da norma UNE-EN 1912:2005+A1:2007¹ poderíamos empregar para a estrutura diferentes combinacións de especies de madeira, calidades visuais e procedencias, para cubrir a clase resistente C18, como por exemplo:

- Piñeiro silvestre de procedencia do Norte e Nordeste de Europa, con calidade T1.
- Abeto de procedencia do Norte e Nordeste de Europa, con calidade T1.
- Piñeiro oregón de procedencia de Francia, con calidade ST-III.
- Picea e abeto de Francia, con calidade ST-III.
- Piñeiro Amarelo do Sur de procedencia EE.UU, con calidade LF Const.

Empregando o anexo informativo B da norma UNE 56544:2007 de asignación de clases resistentes para pezas con espesor maior de 70 mm, que na actualidade aínda non está incluída na norma UNE-EN 1912, poderíamos empregar as seguintes especies españolas:

- Piñeiro silvestre , con calidade MEG.
- Piñeiro laricio, con calidade MEG.

¹ Ver páxina 16.

Recepción en obra da madeira estrutural

Documentación do material

Tal como se recolle no Código Técnico da Edificación, o material recibido en obra debe achegar un albará onde indicará a seguinte información:

Información Xeral

- Datos da empresa subministradora, se non é o fabricante ou serradoiro, tamén identificará os datos deste.
- Data de subministro.
- Produtos e cantidade subministrada.
- Certificado de orixe e marcado CE, se procede.

Información específica no caso de madeira serrada

- Especie botánica e clase resistente ou calidade coa indicación da norma de clasificación estrutural.
- Dimensións nominais.
- Contido de humidade ou o estado da humidade (seco ou húmido) segundo a norma de clasificación correspondente.

Información específica no caso de madeira laminada encolada

- Tipo de elemento estrutural e clase resistente.
- Dimensións nominais.
- Marcado segundo UNE EN 386:1995, que debe conter como mínimo a seguinte información:

Identificación do fabricante
Clase resistente
Tipo de adhesivo
Data de fabricación
Número de certificado
Número de norma



Comprobacións en obra:

O director de execución da obra comprobará á chegada dos produtos, o seu aspecto e estado xeral. Ademais de comprobar que é conforme o albará de subministro e cumpre coas especificacións do proxecto.

Ademais o director poderá realizar as comprobacións de carácter específico que en cada caso considerase oportuno, como por exemplo:

Madeira serrada

- Identificación da especie botánica, en caso necesario realizarase en laboratorio especializado.
- A clase resistente poderase comprobar segundo o indicado no capítulo de asignación de clases resistentes.
- Comprobacións das tolerancias dimensionais segundo a norma UNE-EN 336:2003 ¹ Comprobar que a humidade é inferior a 20% ², salvo especificacións en contra.

Madeira laminada encolada

- Clase resistente.
- Comprobacións das tolerancias nas dimensións segundo UNE EN 390:1995 ³
- Comprobación da integridade da liña de adhesivo segundo ensaios recollidos na norma UNE EN 391:2001 “Madera laminada encolada. Ensayo de delaminación de líneas de adhesivo”, e norma UNE EN 392:1995 “Madera laminada encolada. Ensayo de esfuerzo cortante en líneas de adhesivo”.

Non aceptación do produto

O incumprimento dalgunha das especificacións do produto, salvo demostración de que non supoña risco apreciable, tanto da resistencia mecánica como da durabilidade, será condición suficiente para a non aceptación do produto e no seu caso da partida.

Recomendacións da almacenaxe da madeira en obra

Caso de madeira húmida (por encima do 20%)

- O paquete non se almacenará en macizo.
- As pilas deberán incorporar restreis entre filas.
- A parte da pila mais cercana ao chan deberá estar elevada uns 20-30 cm.

Caso de madeira seca (por debaixo do 20%)

- Deberá almacenarse baixo cuberta nun lugar ben ventilado, se non é posible cubrirase con lonas.
- O paquete estará almacenado en macizo
- O paquete deberá separarse do chan 20-30 cm.

¹ Ver páxina 30.

² Ver páxina 29.

³ Ver páxina 31.

Marcado CE

A Directiva Europea de Produtos da Construción esixe de forma obrigatoria que todos os produtos que se vexan afectados por esta Directiva leven o marcado CE. Por produtos da construción enténdese aqueles que de forma permanente incorpóranse na construción e se vexan afectados polos requisitos esenciais marcados.

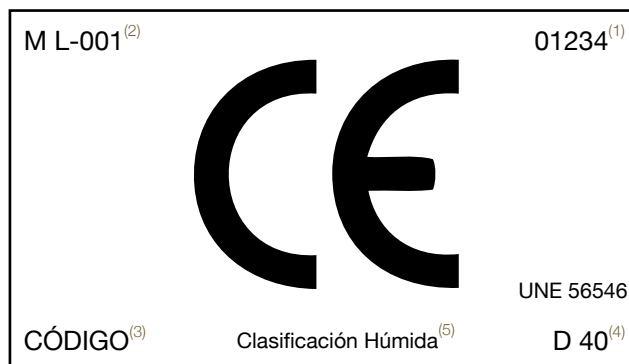
Madeira serrada

A obrigación do Marcado CE na madeira serrada de uso estrutural está previsto para 1 de setembro de 2008, encontrándose regulada na norma UNE-EN 14081-1:2006.

A responsabilidade do marcado do produto corresponde ao fabricante. Cada peza de madeira clasificada deberase marcar de forma clara e indeleble, salvo que a utilización final da madeira requirise a ausencia de marcado por razóns estéticas, polo que o documento comercial de acompañamento de cada lote incluirá a información da marca.


A información mínima que ten que conter o marcado da peza é a seguinte:

- Identificación do organismo de certificación ⁽¹⁾
- Marca ou número de identificación do fabricante ⁽²⁾
- Código de identificación da documentación de acompañamento ⁽³⁾
- Clase resistente e norma de clasificación. No caso de que a clasificación fose mecánica incorporárase a letra M. ⁽⁴⁾
- Indicarase se a clasificación foi feita en seco (menor de 20%) ou en húmido (maior de 20%). ⁽⁵⁾



O documento comercial de acompañamento, ademais de incorporar a información recollida en cada peza, terá que incluír a seguinte información:

- Número de identificación do organismo de certificación ⁽¹⁾
- Nome e dirección rexistrada do fabricante ⁽²⁾
- Dous últimos díxitos do ano en que se fixo o mercado CE ⁽³⁾
- Número de certificado CE ⁽⁴⁾
- Referencia á norma UNE-EN 14081-1:2006 ⁽⁵⁾
- Descrición do produto ⁽⁶⁾
- Código da especie segundo a norma UNE-EN13556:2004 para lotes dunha soa especie ⁽⁷⁾
- Clase resistente e norma de clasificación ⁽⁸⁾
- Clase de reacción ao lume e subclase ⁽⁹⁾
- Durabilidade da madeira. A clase de durabilidade natural fará referencia á norma EN 350-2:1995, no caso de madeira tratada seguirase o mercado conforme a norma PNE prEN 15228 ⁽¹⁰⁾

	
01234 ⁽¹⁾	
Datos da compañía ⁽²⁾ 06 ⁽³⁾ 01234-CPD00234 ⁽⁴⁾	
UNE-EN 14081-1 ⁽⁵⁾	
Madeira Estrutural ⁽⁶⁾	
C18(ME 2)	Clasificación seca
Especie	PNPN ⁽⁷⁾
Norma de clasificación	UNE EN 338+UNE 56544 ⁽⁸⁾
Reacción ao lume	D-s2,d0 ⁽⁹⁾
Clase de durabilidade	3-4 ⁽¹⁰⁾

Madeira laminada encolada

Os produtos de madeira encolada laminada terán que presentar obrigatoriamente a marca CE a partir do 1 de abril de 2009, sendo regulada pola norma UNE-EN 14080:2005.

Deberá figurar a marca sobre o propio produto ou nunha etiqueta fixada a este, salvo que a utilización final da madeira requirise a omisión do marcado por razóns estéticas, polo que o documento comercial de acompañamento de cada lote incluirá a información da marca.


A información mínima que ten que conter o marcado da peza é a seguinte:

- Identificación do fabricante ⁽¹⁾
- Número de certificado de conformidade ⁽²⁾
- Número da norma UNE-EN 14080:2005 ⁽³⁾
- Valores característicos, pode ser a clase resistente definida na norma UNE- EN 1194:1999 ou mediante referencia a un perfil de resistencia documentado ⁽⁴⁾
- Tipo de adhesivo ⁽⁵⁾
- Especie de madeira ⁽⁶⁾


Identificación do fabricante ⁽¹⁾ 01234-CPD-00234 ⁽²⁾
UNE-EN 14080 ⁽³⁾ Madeira Laminada Encolada Clase resistente: GL 24 ⁽⁴⁾ Adhesivo Tipo 1 segundo UNE-EN 301 ⁽⁵⁾ Pino marítimo: <i>Pinus pinaster</i> ⁽⁶⁾

O documento comercial de acompañamento, ademais de incorporar a información recollida en cada peza, terá que incluír a seguinte información:

- Número de identificación do organismo de certificación ⁽¹⁾
- Nome e dirección rexistrada do fabricante ⁽²⁾
- Dous últimos díxitos do ano en que se fixo o mercado CE ⁽³⁾
- Número de certificado de conformidade CE ⁽⁴⁾
- Referencia á norma UNE-EN 14080:2005 ⁽⁵⁾
- Clase de formaldehído segundo a norma UNE-EN 717-1:2004, se procede ⁽⁶⁾
- Clase de reacción ao lume e subclase ⁽⁷⁾
- Durabilidade, no caso de madeira non tratada, a clase de durabilidade referenciarase á norma EN 350-2:1994, e para a madeira tratada seguirase o mercado conforme a norma PNE prEN 15228 ⁽⁸⁾

 01234 ⁽¹⁾
Datos da compañía ⁽²⁾ 05 ⁽³⁾ 01234-CPD-00236 ⁽⁴⁾
UNE-EN 14080 ⁽⁵⁾ Madeira Laminada Encolada Clase resistente: GL24 Adhesivo: Tipo 1 segundo UNE-EN 301 Especie: Pino marítimo: <i>Pinus pinaster</i> Clase de formaldehído: Clase E1 ⁽⁶⁾ Reacción ao lume: D-s2,d0 ⁽⁷⁾ Clase de durabilidade 3-4 ⁽⁸⁾

ANEXO I.

Medición das características e singularidades da madeira

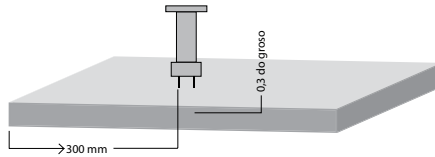
Contido de humidade da madeira

O contido de humidade da madeira defínese como a masa de auga contida na madeira, expresada en porcentaxe respecto á súa masa anhidra.

Cando a madeira ten un contido de humidade inferior ao 30%, poderá facerse unha estimación indirecta mediante métodos eléctricos¹ acorde coa Norma UNE-EN 13183-2/AC:2004. En todo caso o método de referencia é o ensaio destrutivo de determinación por secado en estufa ata o estado anhidro, recollido na norma UNE-EN 13183-1:2002.

No caso de empregar un medidor eléctrico ou xilohigrómetro, éste debe estar equipado con sistemas de regulación ou táboas para realizar correccións en función da especie de madeira e da temperatura.

Para realizar a medición é necesario cravar os eléctrodos nunha cara da peza ata acadar unha profundidade de 1/3 do groso, e situado polo menos a 300 mm dos extremos da peza e a unha distancia igual a 0,3 veces a anchura dun dos cantos. A zona de medición debe estar exenta de resina e singularidades como nós e casca.



¹ No caso de que a madeira teña aplicado algún tratamento de protección, de ignifugación ou de tratamentos químicos ou térmicos, este pode afectar á precisión da medida e requiren unha calibración particular do equipo.

Dimensións

Madeira serrada

No ámbito dos sistemas de clasificación estrutural enténdese como anchura da cara (h) a maior dimensión perpendicular ao eixe lonxitudinal da peza, e como espesor ou grosor (b) a distancia entre as caras.

A dimensión nominal das pezas debe entenderse a dimensión declarada para a peza cun contido de humidade do 20%.

A clasificación deberá realizarse en relación ás dimensións nominais, medidas segundo a norma UNE-EN 1309-1:1997, debendo cumprir as dimensións reais da sección e lonxitude da peza as tolerancias da clase 1 da Norma UNE-EN 336:2003. Segundo esta norma en calquera sección dunha peza da madeira, o grosor real e a anchura real (corrixidas polas variacións debidas a humidade) non deben desviarse sobre as dimensións nominais en máis de:

- Grosos e anchos ≤ 100 mm (-1 e +3) mm
- Grosos e anchos > 100 mm (-2 e +4) mm

No caso da lonxitude non se admiten desviacións negativas.

Cando a humidade é diferente do 20% é necesario calcular as dimensións corrixidas segundo a seguinte fórmula:

$$d_{\text{correxida}} = d_{\text{real}} \times [(1 + k \times (20 - \omega_{\text{real}}))]$$

K: o coeficiente de contracción para unha variación do contido de humidade do 1%.

ω_{real} : contido e humidade real da peza en %.

Valores de k para diferentes madeiras para dimensións de anchura e grosor

Coníferas en xeral	0,0025
Eucalipto	0,0030
Carballo	0,0030
Castiñeiro	0,0026

Madeira laminada

As medidas das pezas de madeira encolada deben facerse co contido de humidade de referencia (12%), obténdose as dimensións nominais do produto. Cando o contido de humidade da madeira é diferente ao de referencia, calcularase a dimensión corrixida a partir da dimensión efectiva ou real, coa seguinte fórmula:

$$d_{\text{correxida}} = d_{\text{real}} \times [(1 + k \times (12 - \omega_{\text{real}}))]$$

k: o coeficiente de contracción para unha variación do contido de humidade do 1%.

ω_{real} : contido de humidade real da peza en %.

Valores de k para coníferas e chopo cunha humidade entre o 6% e o 25%

Dimensión de anchura e grosor	0,0025
Dimensión de lonxitude	0,0001

A norma UNE-EN 390:1995 recolle as seguintes tolerancias permitidas con respecto a dimensión corrixida:

- Anchura da sección transversal: ± 2 mm para calquera anchura
- Altura da sección transversal:
 - $h \leq 400$ mm -2 e +4 mm
 - $h > 400$ mm -0,5 % e +1%
- Lonxitude dun elemento recto:
 - $l \leq 2,0$ m ± 2 mm
 - $2 > l \leq 20$ m $\pm 0,1$ %
 - $l > 20$ m ± 20 mm

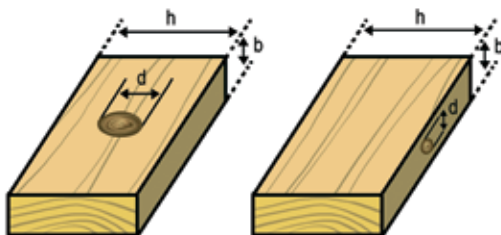
Os ángulos da sección transversal non deben desviarse respecto a un ángulo recto en máis de 1:50.

Nós

No caso da clasificación estrutural da madeira a medición dos nós faise de acordo co “método alternativo” recollido na Norma UNE-EN 1310:1997.

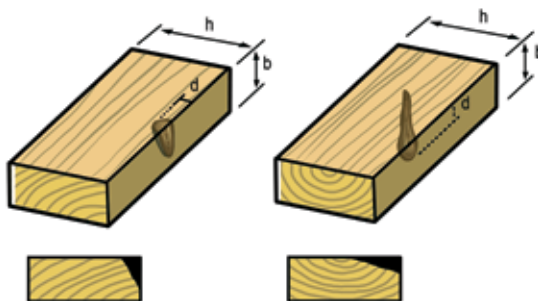
Desta maneira, o diámetro dos nós medírase perpendicularmente ao eixe lonxitudinal da peza. Ademais, os nós con diámetro ≤ 10 mm poden depreciarse, excepto aqueles que se manifestan ao menos en dúas superficies opostas. Os nós superficiais da cara interna (aquela cara que está máis cerca da medula ou centro da árbore) poden tamén depreciarse.

A casca así como as irregularidades da fibra presentes ao redor do nó que non sexan claramente diferenciábeis deste, deberán incorporar na medición.



Criterio xeral de medición de nós en cara e en canto.

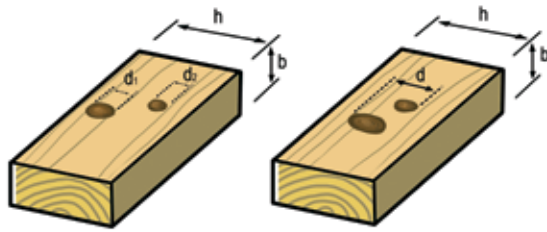
Os nós que se encontren en dúas superficies contiguas (nós de aresta), medíranse e avalíaranse naquela superficie que os corte máis perpendicularmente. No caso de dúbida empregárase a relación máis desfavorable.



Nós de aresta. Esquerda: avaliación na cara (d/h). Dereita: avaliación no canto (d/b).

Chámpanse nós agrupados aqueles nós cuxa distancia entre centros, medida segundo o eixe lonxitudinal da peza, sexa ≤ 150 mm ou menor ou igual que a anchura da peza cando esta sexa menor de 150 mm.

Cando os nós agrupados non se solapan na dirección lonxitudinal da peza, medíranse como a suma dos seus diámetros. No caso de solaparse, medíranse de forma global.



Criterio de medición de nós agrupados.

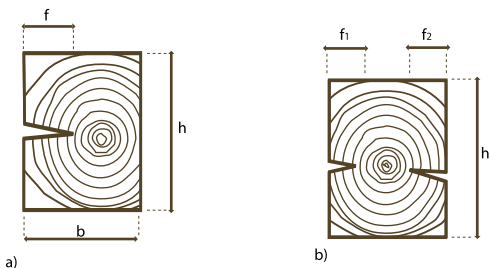
Esquerda: diámetro do nó $d=d_1+d_2$. Dereita: diámetro do nó= d .

Bolsas de resina e Entrecasco

Medirase a súa lonxitude paralela ao eixe lonxitudinal da peza, de acordo coa Norma UNE-EN 1310.

Fendas

Denomínase fenda a toda separación da fibra (raxa ou fendedura) na dirección lonxitudinal. Medirase a súa profundidade cunha galga de 0,2 mm de espesor. Non se terán en conta aquelas que teñan unha dimensión menor de $\frac{1}{4}$ da lonxitude da peza ou de 1 m, nin as fendas cun ancho non superior de 1 mm.



Esquerda: Avaliación da fenda: f/b

Dereita: Avaliación das fendas $(f_1+f_2)/b$

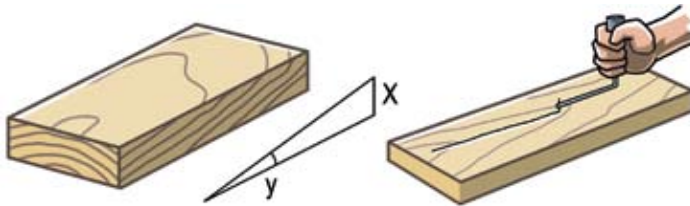
Cebola

Denomínase cebola a separación total ou parcial entre dous aneis de crecemento contiguos.



Desviación da fibra

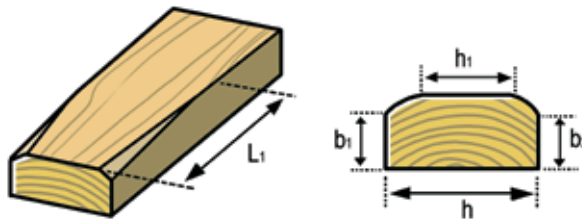
Chámase desviación da fibra a desviación media que ten respecto ao eixe lonxitudinal da peza. Esta singularidade medirase sobre 1 m na zona máis desfavorable.



Esquerda: medición da desviación e avaliación: x/y
Dereita: emprego dun trazador para a medición segundo norma UNE-EN 1310

Farda (Xema)

Chámase así a superficie redondeada do tronco que aparece sobre a aresta dunha peza serrada. Para a súa avaliación medirase a súa lonxitude e a súa dimensión transversal con respecto ás dimensións da sección.

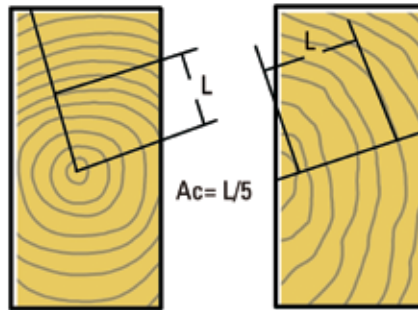


Medición da lonxitude da farda, e avaliación transversal:

$$g = \max\left(\frac{h - h_1}{h}, \frac{b - b_1}{b}, \dots\right)$$

Anchura do anel de crecemento

Medirase perpendicularmente os aneis de crecemento, dende o anel situado máis preto do centro da árbore ata o 5 anel.



Medula

É a madeira situada no interior do primeiro anel de crecemento. Unicamente avaliarase se está presente na peza serrada.

Deformacións das pezas

Curvatura de cara e de canto: medirase a deformación máxima nun tramo de 2m de lonxitude.

Alabeo: medirase a deformación máxima da superficie sobre unha lonxitude de 2 m, indicando o valor en milímetros por cada 25 mm de anchura.

Abarquillado: medirase a deformación máxima sobre a anchura da sección. Avaliarase en mm por cada 25 mm de anchura ou como fracción da anchura total.

ANEXO II. Factores de corrección da resistencia.

Existe unha relación entre a resistencia da madeira e o tamaño da peza, de tal forma que canto maior sexa o seu volume menor resulta a tensión de rotura, polo que o criterio seguido para establecer os valores característicos de resistencia consiste en tomar un valor de referencia do canto en flexión ou ancho en tracción paralela á fibra e permitir a maiorización da resistencia para valores inferiores e non modificala para valores superiores.

Madeira serrada

A resistencia a flexión ($f_{m,k}$) e tracción paralela á fibra ($f_{t,0,k}$) recollidos na norma UNE-EN 338: 2003, baséanse nun canto ou ancho (en caso de tracción) da sección de 150 mm. Se as dimensións da peza son inferiores, a resistencia característica de $f_{m,k}$ e $f_{t,0,k}$ débese aumentar multiplicando polo coeficiente k_h

$$\text{Si } h < 150 \text{ mm} \quad k_h = (150/h)^{0,2} \leq 1,3$$

Madeira laminada encolada

Os valores de resistencia en flexión ($f_{m,g,k}$) e tracción paralela á fibra ($f_{t,0,g,k}$) recollidos na norma UNE EN 1194:1999 están referidas a un canto ou ancho (en caso de tracción) da sección de 600 mm. Se h é inferior a estas dimensións, a resistencia característica de $f_{m,g,k}$ e $f_{t,0,g,k}$ débese aumentar multiplicando polo coeficiente k_h :

$$\text{Se } h < 600 \text{ mm} \quad k_h = (600/h)^{0,1} \leq 1,1$$

No caso da resistencia características a tracción perpendicular á fibra ($f_{t,90,g,k}$) están referenciados a un volume $V_0 = 0,01 \text{ m}^3$. Cando o volume V , sometido a este esforzo, sexa maior deberase penalizar multiplicando polo factor k_{vol} :

$$k_{vol} = (V_0/V)^{0,2}$$



XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE VIVENDA E SOLO



XUNTA DE GALICIA
CONSELLERÍA DE INNOVACIÓN
E INDUSTRIA