

Fuente: Media Madera (www.mediamadera.com)



ESTRUCTURAS DE MADERA

3.4. Madera laminada encolada

FACULTAD DE
INGENIERIA



1. Definición

2. Antecedentes

3. Fabricación

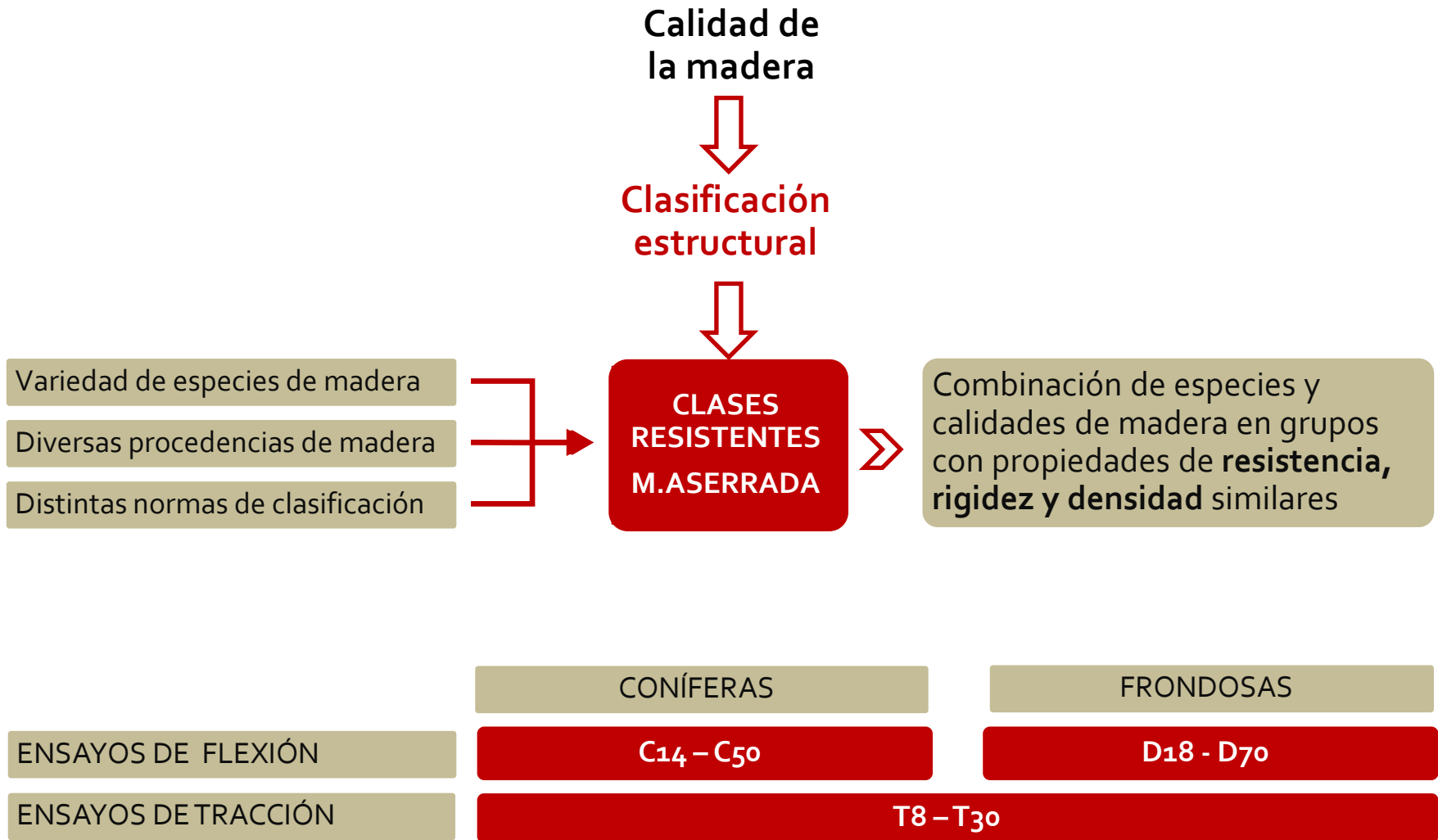
4. Dimensiones

5. Clases resistentes

6. Ensayos y control de calidad

3.4. Madera laminada
encolada

CLASES RESISTENTES DE LA M.L.E.



Propiedades de las láminas

Tabla 1 – Propiedades de resistencia característica y rigidez para las clases T en N/mm² y densidades en kg/m³ de las tablas para madera laminada encolada

Clase de resistencia T de las tablas ^a	$f_{t,0,1,k}$	$E_{t,0,1,medio}$	ρ_{k}
T8 (C14)	8	7 000	290
T9	9	7 500	300
T10 (C16)	10	8 000	310
T11 (C18)	11	9 000	320
T12 (C20)	12	9 500	330
T13 (C22)	13	10 000	340
T14 (C24)	14	11 000	350
T14,5	14,5	11 000	350
T15	15	11 500	360
T16 (C27)	16	11 500	370
T18 (C30)	18	12 000	380
T21 (C35)	21	13 000	390
T22	22	13 000	390
T24 (C40)	24	13 500	400
T26	26	14 000	410
T27 (C45)	27	15 000	410
T28	28	15 000	420
T30 (C50)	30	15 500	430

^a Las clases C conformes con la Norma EN 338:2009 cumplen como mínimo los valores indicados para las clases T correspondientes.

CLASES RESISTENTES DE LA M.L.E.

EN 14080

Aplicable a MLE de coníferas, con láminas en disposición horizontal y un mínimo de 4 láminas

M.L.E. HOMOGÉNEA

Todas las láminas son de la misma clase resistente de madera aserrada

M.L.E. COMBINADA

Las láminas extremas son de una clase resistente superior

Tabla 2 – Combinaciones de láminas de madera laminada encolada combinada y valores mínimos de resistencia a flexión de los empalmes por unión dentada de las láminas en N/mm^2

Madera laminada encolada	Zonas de laminado exteriores			Zonas de laminado intermedias			Zona de laminado interior		
	Clase resistente	Proporción [%]	$f_{m,j,k}$ [N/mm^2]	Clase resistente	Proporción [%]	$f_{m,j,k}$ [N/mm^2]	Clase resistente	Proporción [%]	$f_{m,j,k}$ [N/mm^2]
GL 20c	T13	2x33	21	–	–	–	T8	34	18
GL 22c	T13	2x33	26	–	–	–	T8	34	18
GL 24c	T14	2x33	31	–	–	–	T9	34	19
GL 26c	T16	2x33	34	–	–	–	T11	34	22
GL 28c	T18	2x25	37	–	–	–	T14	50	28
GL 28c	T21	2x17	36	–	–	–	T14	66	26
GL 28c	T21	2x17	38	–	–	–	T13	66	25
GL 28c	T21	2x25	35	–	–	–	T11	50	22
GL 28c	T21	2x20	35	T14	2x20	28	T11	20	22
GL 28c	T22	2x20	35	–	–	–	T13	60	25
GL 30c	T22	2x17	40	–	–	–	T15	66	27
GL 30c	T22	2x17	41	–	–	–	T14	66	28
GL 30c	T22	2x20	40	T14	2x20	30	T11	20	22
GL 30c	T22	2x17	42	T14	2x23	31	T11	20	22
GL 32c	T24	2x17	44	–	–	–	T18	66	31
GL 32c	T26	2x17	45	–	–	–	T14	66	26
GL 32c	T26	2x10	48	T18	2x20	32	T11	40	22

Leyenda



Zona de láminas exterior

Posible zona de láminas intermedia

Zona de láminas interior

Posible zona de láminas intermedia

Zona de láminas exterior

j : propiedades de la lámina

j : propiedades del *finger-joint*

CLASES RESISTENTES DE LA M.L.E.

M.L.E. HOMOGÉNEA

Clase resistente GL24h

GL = glulam 24 = resistencia a flexión (N/mm²) h = homogénea

Propiedad	Símbolo	Clase resistente de madera laminada encolada						
		GL 20h	GL 22h	GL 24h	GL 26h	GL 28h	GL 30h	GL 32h
Resistencia a flexión	$f_{m,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Resistencia a tracción	$f_{t,0,g,k}$	16	17,6	19,2	20,8	22,3	24	25,6
	$f_{t,90,g,k}$	0,5						
Resistencia a compresión	$f_{c,0,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
	$f_{c,90,g,k}$	2,5						
Resistencia a esfuerzo cortante (cortadura y torsión)	$f_{v,g,k}$	3,5						
Resistencia al cortante de rodadura	$f_{r,g,k}$	1,2						
Módulo de elasticidad	$E_{0,g,mean}$	8 400	10 500	11 500	12 100	12 600	13 600	14 200
	$E_{0,g,05}$	7 000	8 800	9 600	10 100	10 500	11 300	11 800
	$E_{90,g,mean}$	300						
	$E_{90,g,05}$	250						
Módulo de elasticidad transversal	$G_{g,mean}$	650						
	$G_{g,05}$	540						
Módulo de cortante de rodadura	$G_{r,g,mean}$	65						
	$G_{r,g,05}$	54						
Densidad	$\rho_{g,k}$	340	370	385	405	425	430	440
	$\rho_{g,mean}$	370	410	420	445	460	480	490

CLASES RESISTENTES DE LA M.L.E.

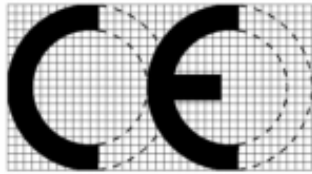
M.L.E. COMBINADA

Clase resistente GL24c

GL = glulam 24 = resistencia a flexión (N/mm²) c = combinada

Propiedad ^a	Símbolo	Clase resistente de madera laminada encolada						
		GL 20c	GL 22c	GL 24c	GL 26c	GL 28c	GL 30c	GL 32c
Resistencia a flexión	$f_{m,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Resistencia a tracción	$f_{t,0,g,k}$	15	16	17	19	19,5	19,5	19,5
	$f_{t,90,g,k}$	0,5						
Resistencia a compresión	$f_{c,0,g,k}$	18,5	20	21,5	23,5	24	24,5	24,5
	$f_{c,90,g,k}$	2,5						
Resistencia a esfuerzo cortante (cortadura y torsión)	$f_{v,g,k}$	3,5						
Resistencia al cortante de rodadura	$f_{r,g,k}$	1,2						
Módulo de elasticidad	$E_{0,g,mean}$	10 400	10 400	11 000	12 000	12 500	13 000	13 500
	$E_{0,g,05}$	8 600	8 600	9 100	10 000	10 400	10 800	11 200
	$E_{90,g,mean}$	300						
	$E_{90,g,05}$	250						
Módulo de elasticidad transversal	$G_{g,mean}$	650						
	$G_{g,05}$	540						
Módulo de cortante de rodadura	$G_{r,g,mean}$	65						
	$G_{r,g,05}$	54						
Densidad ^b	$\rho_{g,k}$	355	355	365	385	390	390	400
	$\rho_{g,mean}$	390	390	400	420	420	430	440

CLASES RESISTENTES DE LA M.L.E.



01234

Compañía, Dirección

05

01234-CPD-00234

EN 14080

Madera laminada encolada

Adhesivo Tipo I según la Norma Europea EN 301

Picea: Picea abies

Resistencia a la flexión: 35 MPa**Resistencia a la compresión: 31 MPa****Resistencia a la tracción: 24 MPa****Resistencia al cortante: 4,8 MPa****Módulo de elasticidad: 13 500 MPa****Clase de formaldehído: Clase E1****Reacción al fuego: Clase D-s2, d0****Clase de durabilidad: 4**

Marcado de conformidad CE que consiste en el símbolo "CE" establecido en la Directiva 93/68 CEE

Número de identificación del organismo de certificación

Nombre o marca comercial y dirección registrada del fabricante

Los dos últimos dígitos del año en que se fijó el mercado

Número del certificado de conformidad CE

Número de la norma europea

Descripción del producto

e

información sobre las características reglamentadas

Propiedad	GL 32h
Resistencia a flexión	32
Resistencia a tracción	25,6
Resistencia a compresión	32
Resistencia a esfuerzo cortante (cortadura y torsión)	
Resistencia al cortante de rodadura	
Modulo de elasticidad	14 200
	11 800
Módulo de elasticidad transversal	
Módulo de cortante de rodadura	
Densidad	440
	490

www.lignumfacile.es

1. Definición
2. Antecedentes
3. Fabricación
4. Dimensiones
5. Clases resistentes
6. Ensayos y control de calidad

3.4. Madera laminada encolada

Ensayo Inicial Tipo

EXIGENCIAS PARA LA RECEPCIÓN DE LA M.L.E.

INFORME ENSAYO INICIAL TIPO

Tabla 15 – Ensayo de tipo inicial de los productos laminados encolados ^b

Características	Requisito y apartado	Método de ensayo o evaluación	Probeta	Criterio de conformidad
Resistencia mecánica de la madera laminada encolada expresada mediante el módulo de elasticidad, la resistencia a flexión, a la compresión, a la tracción y al esfuerzo cortante.				
Propiedades de resistencia, rigidez y densidad de la madera	5.1.2	EN 14081-1	En general para madera clasificada por su resistencia por el fabricante de productos laminados encolados	EN 14081-1:2005+A1:2011, 6.2
			EN 14081-1:2005+A1:2011, 6.2	
			En general para madera no clasificada por su resistencia por el fabricante de productos laminados encolados	Se controla que el marcado de la madera es conforme con EN 14081-1:2005+A1:2011, capítulo 7
			Complementariamente, para la madera laminada encolada cuya resistencia mecánica ha sido establecida mediante ensayos con probetas de grandes dimensiones	5.1.6.1
			Para cada clase y especie, deben ensayarse 30 piezas según la Norma EN 408 y debe determinarse $f_{m,k,1\&}$ de acuerdo con la Norma EN 14358.	
Empalmes por unión dentada en las láminas	5.1.4.2 o 5.1.5.2	Anexo E (ensayo)	En general, para cada combinación de especie, adhesivo y valor de resistencia declarado: – para las láminas conformes con la tabla 1: 15 láminas con empalmes por unión dentada – para las láminas no conformes con la tabla 1: 100 láminas con empalmes por unión dentada	5.1.4.2 o 5.1.5.2

Es obligatorio realizar un **ensayo inicial tipo (EIT)** siempre que se inicie la fabricación de un **nuevo producto** o se **modifique uno existente**, cuando se modifica el método de fabricación, o cuando se produzcan cambios de diseño de los productos, de las materias primas, etc.

El informe resultante del EIT debe ser conservado por el fabricante durante 10 años y debe ser suministrado al comprador siempre que éste lo requiera.

EN 14080:2013. Estructuras de madera. Madera laminada encolada y madera maciza encolada. Requisitos

ENSAYOS INICIALES TIPO: EN 14080

1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS Y DE LOS *FINGER JOINT*: VALORES CARACTERÍSTICOS DE FLEXIÓN Y TRACCIÓN

5.1.6.1 Propiedades de las tablas

Los valores característicos de resistencia a la tracción perpendicular a la fibra $f_{t,0,1,dc,k}$ de resistencia a flexión $f_{m,1,dc,k}$, del módulo de elasticidad medio paralelo a la fibra $E_{t,0,1,dc,medio}$ y de la densidad característica de las tablas $\rho_{1,dc,k}$ deben estimarse y declararse mediante ensayos conforme al anexo E.

5.1.6.2 Resistencia de los empalmes por unión dentada

La resistencia característica a flexión de tabla de los empalmes por unión dentada $f_{m,j,dc,k}$ debe estimarse y declararse mediante ensayos conforme al anexo E.

La resistencia característica declarada a flexión de tabla de los empalmes por unión dentada $f_{m,j,dc,k}$ no debe ser menor de $1,4 f_{t,0,j,dc,k}$.

ENSAYOS INICIALES TIPO: EN 14080

1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS Y DE LOS *FINGER JOINT*: VALORES CARACTERÍSTICOS DE FLEXIÓN Y TRACCIÓN

2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA: VAL. CARACT.

2.1. RESISTENCIA A FLEXIÓN DE LA VIGA DE M.L.E.

 $f_{m,g,k}$

2.2. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA VIGA DE M.L.E.

 $E_{o,g,mean}$

2.3. DENSIDAD DE LA VIGA DE M.L.E.

 $\rho_{g,k}$

2.4. RESISTENCIA A TRACCIÓN PARALELA DE LA VIGA DE M.L.E.

 $f_{t,o,g,k}$

2.5. RESISTENCIA A COMPRESIÓN PARALELA DE LA VIGA DE M.L.E.

 $f_{t,90,g,k}$


ENSAYOS INICIALES TIPO: EN 14080

1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS Y DE LOS *FINGER JOINT*: VALORES CARACTERÍSTICOS DE FLEXIÓN Y TRACCIÓN

2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA: VAL. CARACT.

3. RESISTENCIA EN PLANOS DE ENCOLADO

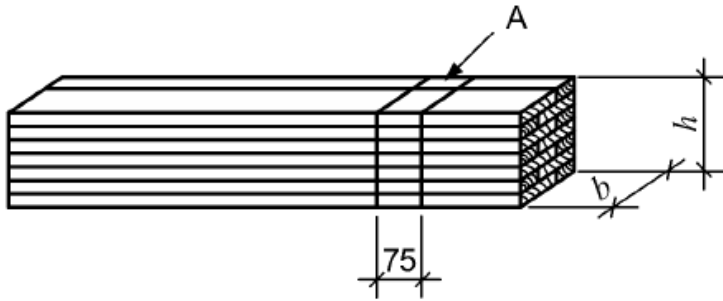
3.1. Ensayos de **delaminación en línea de cola**

3.2. Ensayos de **esfuerzo cortante en línea de cola**

Se realiza únicamente uno de los dos

ENSAYOS INICIALES TIPO: EN 14080

1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS Y DE LOS *FINGER JOINT*: VALORES CARACTERÍSTICOS DE FLEXIÓN Y TRACCIÓN
2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA: VAL. CARACT.
3. RESISTENCIA EN PLANOS DE ENCOLADO: **DELAMINACIÓN EN LÍNEA DE COLA**



C.1 Fundamento

El principio es originar tensiones internas en la madera mediante un gradiente de humedad. Este dará lugar a tensiones de tracción perpendiculares a los planos de encolado entre las láminas de madera laminada, de madera maciza encolada y de madera laminada encolada en bloque. Los encolados defectuosos sufrirán delaminaciones en los planos de encolado.

ENSAYOS INICIALES TIPO: EN 14080

1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS Y DE LOS *FINGER JOINT*: VALORES CARACTERÍSTICOS DE FLEXIÓN Y TRACCIÓN
2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA: VAL. CARACT.
3. RESISTENCIA EN PLANOS DE ENCOLADO: **DELAMINACIÓN EN LÍNEA DE COLA**

C.2 Equipos

C.2.1 Autoclave

Autoclave diseñado para resistir con seguridad una presión de al menos 600 kPa (700 kPa de presión absoluta) y un vacío de al menos 85 kPa (15 kPa de presión absoluta), equipado con un compresor o dispositivo similar capaz de alcanzar una presión de al menos 600 kPa (700 kPa de presión absoluta) y de una bomba de vacío capaz de realizar un vacío de al menos 85 kPa (15 kPa de vacío absoluto).

NOTA 100 kPa equivale a un bar.



ENSAYOS INICIALES TIPO: EN 14080

1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS Y DE LOS *FINGER JOINT*: VALORES CARACTERÍSTICOS DE FLEXIÓN Y TRACCIÓN
2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA: VAL. CARACT.
3. RESISTENCIA EN PLANOS DE ENCOLADO: **DELAMINACIÓN EN LÍNEA DE COLA**

C.2.2 Cámara de secado

Una cámara de secado con circulación forzada de aire con una velocidad de aire comprendida entre 2 m/s y 3 m/s (ambos inclusive), y con unas condiciones de temperatura y humedad relativa del aire como las reflejadas en la tabla C.1.

Tabla C.1 – Condiciones higrotérmicas de la cámara de secado, para cada uno de los diferentes métodos

	Método A	Método B	Método C
Temperatura (°C)	60 – 70	65 – 75	25 – 30
Humedad relativa del aire (%)	< 15	8 – 10	25 – 35

ENSAYOS INICIALES TIPO: EN 14080

1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS Y DE LOS *FINGER JOINT*: VALORES CARACTERÍSTICOS DE FLEXIÓN Y TRACCIÓN

2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA: VAL. CARACT.

3. RESISTENCIA EN PLANOS DE ENCOLADO: **DELAMINACIÓN EN LÍNEA DE COLA**

MÉTODO A

Probetas sumergidas en agua en el autoclave. Se aplican **dos ciclos** de:

VACÍO a una presión de 70-85 kPa durante **5 minutos**

PRESIÓN 500-600 KPa durante **1 hora**

Tras los dos ciclos, se realiza un **SECADO** a **60-70°C** durante **21-22 horas**

MÉTODO B

Probetas sumergidas en agua en el autoclave. Se aplica **un ciclo** de:

VACÍO a una presión de 70-85 kPa durante **30 minutos**

PRESIÓN 500-600 KPa durante **2 horas**

SECADO a 65-75°C durante **10-15 horas**

MÉTODO C

Probetas sumergidas en agua en el autoclave. Se aplican **dos ciclos** de:

VACÍO a una presión de 70-85 kPa durante **30 minutos**

PRESIÓN 500-600 KPa durante **2 horas**

SECADO a **25-30°C** durante **90 horas**

ENSAYOS INICIALES TIPO: EN 14080

1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS Y DE LOS *FINGER JOINT*: VALORES CARACTERÍSTICOS DE FLEXIÓN Y TRACCIÓN

2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA: VAL. CARACT.

3. RESISTENCIA EN PLANOS DE ENCOLADO: **DELAMINACIÓN EN LÍNEA DE COLA**

C.5.2 Delaminación total

El porcentaje de delaminación total $Delam_{tot}$ de una probeta se calcula mediante la ecuación (C.1):

$$Delam_{tot} = \frac{l_{tot,delam}}{l_{tot,plano\ encolado}} \quad (\text{en } \%) \quad (C.1)$$

donde

$l_{tot, delam}$ es la longitud total de delaminación (en mm);

$l_{tot, plano\ encolado}$ es la longitud total de planos de encolado en las dos superficies de testa de cada probeta (en mm).

C.5.3 Delaminación máxima

El porcentaje de delaminación máxima $Delam_{máx}$ para una sola línea de cola en una probeta se calcula mediante la ecuación (C.2):

$$Delam_{máx.} = 100 \frac{l_{máx.,delam}}{2 \cdot l_{plano\ encolado}} \quad (\text{en } \%) \quad (C.2)$$

donde

$l_{máx. delam}$ es la longitud máxima de delaminación (en mm);

$l_{plano\ encolado}$ es la longitud de una línea de cola (en mm).



ENSAYOS INICIALES TIPO: EN 14080

1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS Y DE LOS *FINGER JOINT*: VALORES CARACTERÍSTICOS DE FLEXIÓN Y TRACCIÓN

2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA: VAL. CARACT.

3. RESISTENCIA EN PLANOS DE ENCOLADO: **DELAMINACIÓN EN LÍNEA DE COLA**

5.5.5.2.1 Integridad de los planos de encolado

Cuando se evalúa la integridad de los planos de encolado mediante los métodos de ensayo de delaminación A, B o C descritos en el anexo C, el porcentaje de delaminación total de cada probeta de la sección transversal debe cumplir los requisitos de la tabla 9.

Tabla 9 – Valores máximos del porcentaje total de delaminación en %

Tipo ^a	Número de ciclos	1	2	3
Madera laminada encolada, madera laminada encolada con empalmes macrodentados y madera laminada encolada en bloque	Método A CS₃	–	5	10
	Método B CS₃	4	8	–
	Método C	10	–	–

Para todos los métodos de delaminación, el porcentaje máximo de delaminación de una línea de cola individual debe ser menor o igual al 30%.

ENSAYOS INICIALES TIPO: EN 14080

1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS Y DE LOS *FINGER JOINT*: VALORES CARACTERÍSTICOS DE FLEXIÓN Y TRACCIÓN

2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA: VAL. CARACT.

3. RESISTENCIA EN PLANOS DE ENCOLADO: **DELAMINACIÓN EN LÍNEA DE COLA**

C.6 Informe

El informe debe incluir los siguientes apartados:

- a) referencia a esta norma europea;
- b) fecha de ensayo;
- c) identificación de las probetas y de los productos laminados encolados de los cuales han sido extraídas y cualquier otra información relevante, por ejemplo condiciones de acondicionamiento;
- d) el tratamiento protector (si es el caso);
- e) especie de madera;
- f) tipo de adhesivo, por ejemplo resina y endurecedor;
- g) la proporción efectiva de resina y endurecedor (si es el caso);
- h) las medidas de la probeta;
- i) método de ensayo, (A, B o C);
- j) la delaminación total y la delaminación máxima después del número de ciclos prescritos y de cualquier ciclo adicional que pueda ser necesario;
- k) cualquier observación relevante sobre el ensayo;
- l) firma de la persona responsable del ensayo.

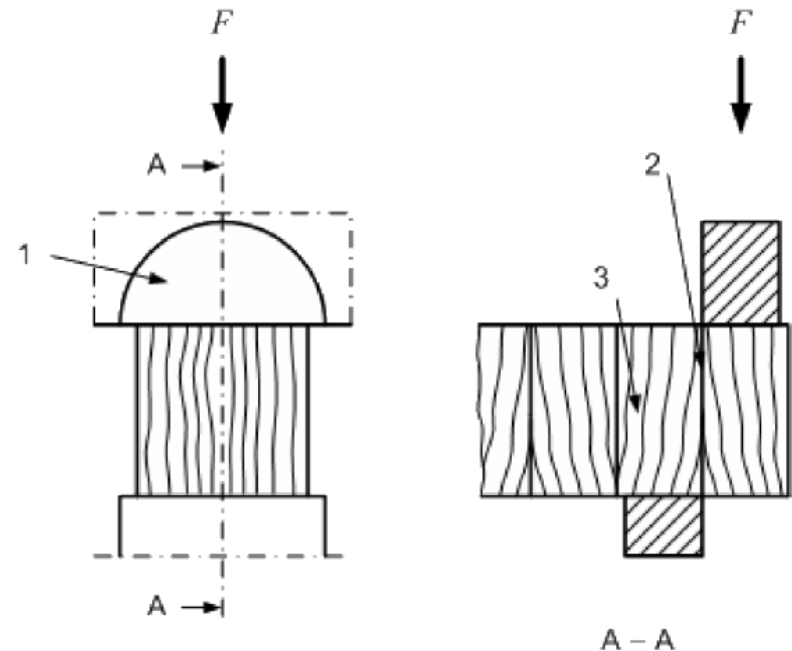
ENSAYOS INICIALES TIPO: EN 14080

1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS Y DE LOS *FINGER JOINT*: VALORES CARACTERÍSTICOS DE FLEXIÓN Y TRACCIÓN
2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA: VAL. CARACT.
3. RESISTENCIA EN PLANOS DE ENCOLADO: **ESFUERZO CORTANTE EN LÍNEA DE COLA**

D.1 Fundamento

Mediante la aplicación de una carga creciente, se genera una tensión de cortadura en la línea de cola entre láminas de la madera laminada encolada o de la madera maciza encolada o en la línea de cola entre los componentes de la madera laminada encolada hasta la rotura.

D.2 Equipos



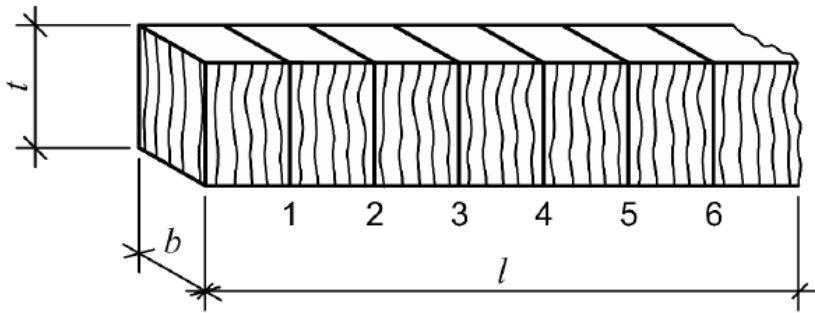
Leyenda

- | | |
|---|--|
| 1 | Apoyo en rótula |
| 2 | Plano de cortadura |
| 3 | Probeta de ensayo bloqueada, si es necesario |

ENSAYOS INICIALES TIPO: EN 14080

1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS Y DE LOS *FINGER JOINT*: VALORES CARACTERÍSTICOS DE FLEXIÓN Y TRACCIÓN
2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA: VAL. CARACT.
3. RESISTENCIA EN PLANOS DE ENCOLADO: **ESFUERZO CORTANTE EN LÍNEA DE COLA**

D.3 Probetas de madera laminada encolada



D.6 Resultados

$$f_v = k_v \frac{F_u}{A}$$

F_u es la carga de rotura (en N);

A es el área de cortante (en mm^2);

$A = b t$ para una probeta prismática;

$A = l t$ para una probeta cilíndrica;

b es la anchura (en mm);

k_v factor: $k_v = 0,78 + 0,0044 t$.

ENSAYOS INICIALES TIPO: EN 14080

1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS Y DE LOS *FINGER JOINT*: VALORES CARACTERÍSTICOS DE FLEXIÓN Y TRACCIÓN
2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA: VAL. CARACT.
3. RESISTENCIA EN PLANOS DE ENCOLADO: **ESFUERZO CORTANTE EN LÍNEA DE COLA**

5.5.5.2.3 Resistencia de los planos de encolado al esfuerzo cortante

Cuando se evalúa la resistencia al esfuerzo cortante de los planos de encolado conforme al anexo D, cada resultado de ensayo debe cumplir los requisitos siguientes respecto a la resistencia al esfuerzo cortante y el porcentaje de rotura por madera.

Tabla 10 – Porcentaje de fallo por madera mínimo en relación a la resistencia a cortante f_v^a

	Valores medios			Valores individuales		
	6	8	$f_v \geq 11$	$4 \leq f_v < 6$	6	$f_v \geq 10$
Resistencia a cortante, f_v en N/mm ²	6	8	$f_v \geq 11$	$4 \leq f_v < 6$	6	$f_v \geq 10$
Valor mínimo del porcentaje de fallo por madera, en % ^b	90	72	45	100	74	20

^a Para los valores intermedios puede aplicarse interpolación lineal.

^b Para los valores medios, el porcentaje mínimo de rotura por madera debe ser: $144 - (9 \cdot f_v)$. Para valores de resistencia a cortante $f_v \geq a$ 6,0 N/mm², los valores individuales de porcentaje mínimo de fallo por madera en % deben ser: $153,3 - (13,3 \cdot f_v)$

ENSAYOS INICIALES TIPO: EN 14080

1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS Y DE LOS *FINGER JOINT*: VALORES CARACTERÍSTICOS DE FLEXIÓN Y TRACCIÓN
2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA: VAL. CARACT.
3. RESISTENCIA EN PLANOS DE ENCOLADO: **ESFUERZO CORTANTE EN LÍNEA DE COLA**

D.7 Informe

El informe debe incluir la siguiente información:

- a) la referencia a esta norma europea;
- b) la fecha de realización del ensayo;
- c) identificación de las probetas ensayadas y de los elementos de los que fueron extraídos. Cualquier otra información relevante, como por ejemplo acondicionamiento;
- d) el tratamiento protector (si es el caso);
- e) la especie de madera;
- f) el tipo de adhesivo, por ejemplo resina y endurecedor;
- g) la proporción efectiva de resina y endurecedor (si es el caso);
- h) las medidas de la probeta;
- i) la carga de rotura y la resistencia al esfuerzo cortante de cada línea de cola en cada probeta ensayada;
- j) cualquier observación relevante que se produzca durante ó después del ensayo;
- k) firma del responsable del ensayo.

ENSAYOS INICIALES TIPO: EN 14080

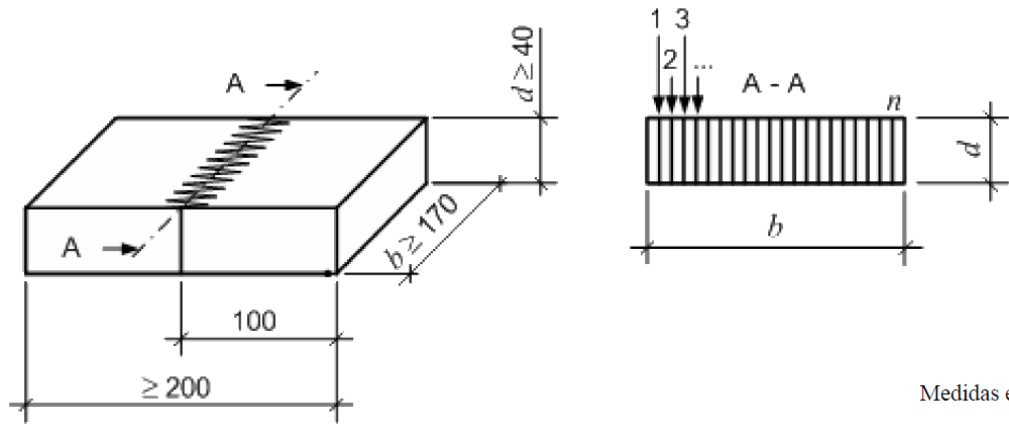
1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS Y DE LOS *FINGER JOINT*: VALORES CARACTERÍSTICOS DE FLEXIÓN Y TRACCIÓN

2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA: VAL. CARACT.

3. RESISTENCIA EN PLANOS DE ENCOLADO

4. ENSAYOS DE DELAMINACIÓN EN *FINGER-JOINT*

ADHESIVOS FENÓLICOS Y AMINOPLÁSTICOS



Medidas en milímetros

Debe medirse la longitud total $l_{\text{tot,plano encolado}}$ de los planos de encolado visibles en las dos caras mayores de la sección del empalme por unión dentada.

Las probetas deben someterse a las siguientes condiciones de ensayo cíclicas: se sumergen completamente en agua hirviendo durante 5 h, después en agua fría a $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ durante una hora. A continuación se secan a una temperatura de $(60 \pm 3) ^\circ\text{C}$ hasta alcanzar un contenido de humedad $u = 19\%$, pero no durante más de 18 h.

ENSAYOS INICIALES TIPO: EN 14080

1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS Y DE LOS *FINGER JOINT*: VALORES CARACTERÍSTICOS DE FLEXIÓN Y TRACCIÓN

2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA: VAL. CARACT.

3. RESISTENCIA EN PLANOS DE ENCOLADO

4. ENSAYOS DE DELAMINACIÓN EN *FINGER-JOINT*

ADHESIVOS FENÓLICOS Y AMINOPLÁSTICOS

B.3.3 Resultados

En la hora siguiente al último ciclo de secado, debe marcarse y medirse en la sección transversal de las probetas la longitud total de delaminación $l_{\text{tot,delam}}$.

Pueden despreciarse las delaminaciones aisladas de los planos de encolado de longitud menor de 3 mm.

Se calcula la delaminación total de una probeta por la relación entre la longitud total de las delaminaciones y la longitud total de planos de encolado.

Ensayo de 10 probetas

% total de delaminación de cada probeta < 15%

Valor medio del % total de delaminación de las 10 probetas < 10%

ENSAYOS INICIALES TIPO: EN 14080

1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS Y DE LOS *FINGER JOINT*: VALORES CARACTERÍSTICOS DE FLEXIÓN Y TRACCIÓN

2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA: VAL. CARACT.

3. RESISTENCIA EN PLANOS DE ENCOLADO

4. ENSAYOS DE DELAMINACIÓN EN *FINGER-JOINT*

ADHESIVOS FENÓLICOS Y AMINOPLÁSTICOS

B.3.4 Informe

El informe debe incluir la siguiente información:

- a) la referencia a esta norma europea;
- b) la fecha de ensayo;
- c) la identificación de las probetas; cualquier información útil, por ejemplo sobre el pre acondicionamiento;
- d) el tipo de adhesivo, por ejemplo la resina y el endurecedor;
- e) la proporción efectiva de resina y endurecedor (si es el caso);
- f) el contenido de humedad;
- g) el peso corregido a la humedad del 19%;
- h) la delaminación total según el apartado B.3.3;
- i) cualquier observación pertinente sobre el ensayo;
- j) la firma del responsable del ensayo.

ENSAYOS INICIALES TIPO: EN 14080

1. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS Y DE LOS *FINGER JOINT*: VALORES CARACTERÍSTICOS DE FLEXIÓN Y TRACCIÓN
2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA MADERA LAMINADA ENCOLADA: VAL. CARACT.
3. RESISTENCIA EN PLANOS DE ENCOLADO
4. ENSAYOS DE DELAMINACIÓN EN *FINGER-JOINT*
5. OTROS ENSAYOS



ASIGNACIÓN DE LA CLASE RESISTENTE

ENSAYOS INICIALES TIPO: EN 14080

ASIGNACIÓN DE LA CLASE RESISTENTE



A PARTIR DE ENSAYOS EN PIEZAS DE MLE



A PARTIR DE ENSAYOS EN LÁMINAS



2.1. RESISTENCIA A FLEXIÓN DE LA VIGA DE M.L.E.

 $f_{m,g,k}$

2.2. MODULO DE ELASTICIDAD DE LA VIGA DE M.L.E.

 $E_{o,g,mean}$

2.3. DENSIDAD DE LA VIGA DE M.L.E.

 $\rho_{g,k}$


ENSAYOS INICIALES TIPO: EN 14080

ASIGNACIÓN DE LA CLASE RESISTENTE



A PARTIR DE ENSAYOS EN PIEZAS DE MLE

A PARTIR DE ENSAYOS EN LÁMINAS



Tabla 6 – Propiedades características de resistencia y rigidez en N/mm² y de densidad en kg/m³ de la madera laminada encolada

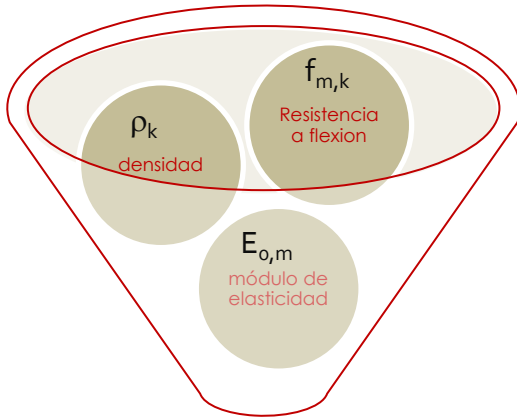
Propiedad		Valores característicos
Resistencia a flexión (N/mm ²)	$f_{m,g,k}$	<p>La resistencia característica a flexión debe calcularse utilizando la siguiente ecuación:</p> $f_{m,g,k} = -2,2 + 2,5 f_{t,0,1,k}^{0,75} + 1,5 \left(f_{m,j,k} / 1,4 - f_{t,0,1,k} + 6 \right)^{0,65}$ <p>La ecuación es solo aplicable para la resistencia característica a flexión de tabla de los empalmes por unión dentada que cumplan la siguiente condición.</p> $1,4 f_{t,0,1,k} \leq f_{m,j,k} \leq 1,4 f_{t,0,1,k} + 12$ <p>La ecuación es aplicable también para madera laminada encolada sin empalmes por unión dentada si se cumple para $f_{m,j,k}$ la siguiente condición:</p> $f_{m,i,k} = 1,4 f_{t,0,1,k} + 12$

ENSAYOS INICIALES TIPO: EN 14080

ASIGNACIÓN DE LA CLASE RESISTENTE

A PARTIR DE ENSAYOS EN PIEZAS DE MLE

A PARTIR DE ENSAYOS EN LÁMINAS



CLASE RESISTENTE

GL

Propiedad	Símbolo	Clase resistente de madera laminada encolada						
		GL 20h	GL 22h	GL 24h	GL 26h	GL 28h	GL 30h	GL 32h
Resistencia a flexión	$f_{m,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Resistencia a tracción	$f_{t,0,g,k}$	16	17,6	19,2	20,8	22,3	24	25,6
	$f_{t,90,g,k}$	0,5						
Resistencia a compresión	$f_{c,0,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
	$f_{c,90,g,k}$	2,5						
Resistencia a esfuerzo cortante (cortadura y torsión)	$f_{v,g,k}$	3,5						
Resistencia al cortante de rodadura	$f_{r,g,k}$	1,2						
	$f_{r,g,k}$	1,2						
Módulo de elasticidad	$E_{0,g,mean}$	8 400	10 500	11 500	12 100	12 600	13 600	14 200
	$E_{0,g,05}$	7 000	8 800	9 600	10 100	10 500	11 300	11 800
	$E_{90,g,mean}$	300						
	$E_{90,g,05}$	250						
Módulo de elasticidad transversal	$G_{g,mean}$	650						
	$G_{g,05}$	540						
Módulo de cortante de rodadura	$G_{r,g,mean}$	65						
	$G_{r,g,05}$	54						
Densidad	$\rho_{g,k}$	340	370	385	405	425	430	440
	$\rho_{g,mean}$	370	410	420	445	460	480	490

Problemas por
incumplimiento de
requisitos de
fabricación

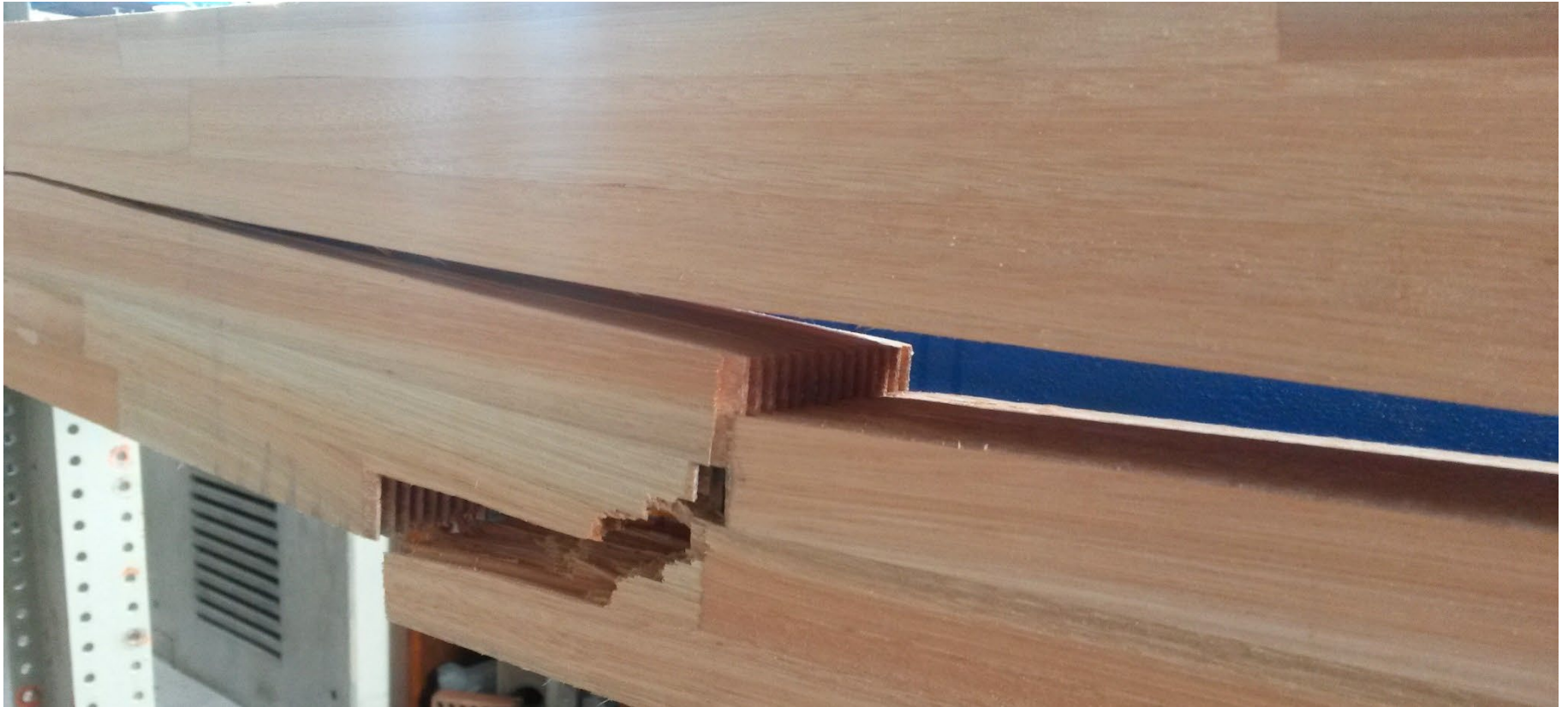
PROBLEMAS SI NO SE CUMPLEN LOS REQUISITOS DE FABRICACIÓN



PROBLEMAS SI NO SE CUMPLEN LOS REQUISITOS DE FABRICACIÓN



PROBLEMAS SI NO SE CUMPLEN LOS REQUISITOS DE FABRICACIÓN



PROBLEMAS SI NO SE CUMPLEN LOS REQUISITOS DE FABRICACIÓN



PROBLEMAS SI NO SE CUMPLEN LOS REQUISITOS DE FABRICACIÓN



Control de calidad

CONTROL DE CALIDAD EN FÁBRICA

INFORME CONTROL DE CALIDAD EN FÁBRICA



El fabricante debe implementar, documentar y mantener un sistema de **control de la producción en fábrica (CPF)** que asegure:

- que los **productos** comercializados son **conformes con las características** de prestación declaradas;
- y que se **cumplen** los **requisitos mínimos de fabricación**

EN 14080:2013. Estructuras de madera. Madera laminada encolada y madera maciza encolada. Requisitos

CONTROL DE CALIDAD EN FÁBRICA

1. ENSAYOS DE FLEXIÓN DE CARA EN LOS EMPALMES POR UNIÓN DENTADA DE LAS LÁMINAS: EN 408



CETEMAS (www.cetemas.es)

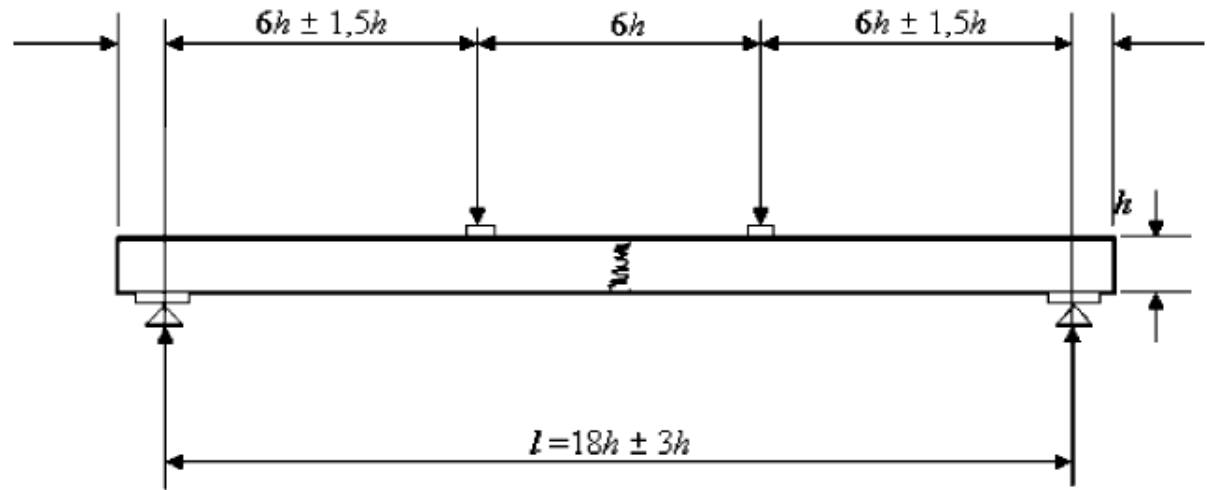


Figura 18 – Dispositivo de ensayo para la medición de la resistencia a la flexión en madera con empalmes por unión dentada

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

EN 386. Madera laminada encolada. Especificaciones y requisitos de fabricación

CONTROL DE CALIDAD EN FÁBRICA

1. ENSAYOS DE FLEXIÓN DE CARA EN LOS EMPALMES POR UNIÓN DENTADA DE LAS LÁMINAS: EN 408

TRES MUESTRAS POR CADA TURNO DE TRABAJO Y POR CADA LÍNEA DE PRODUCCIÓN



EN 386. Madera laminada encolada. Especificaciones y requisitos de fabricación

CONTROL DE CALIDAD EN FÁBRICA

1. ENSAYOS DE FLEXIÓN DE CARA EN LOS EMPALMES POR UNIÓN DENTADA DE LAS LÁMINAS

TRES MUESTRAS POR CADA TURNO DE TRABAJO Y POR CADA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

2. ENSAYOS DE INTEGRIDAD DE LAS LÍNEAS DE ADHESIVO: ENSAYO DE DELAMINACIÓN (MÉTODO B)

UNA MUESTRA POR CADA PRENSADA O POR CADA 20 M³ DE PRODUCCIÓN

CONTROL DE CALIDAD EN FÁBRICA

1. ENSAYOS DE FLEXIÓN DE CARA EN LOS EMPALMES POR UNIÓN DENTADA DE LAS LÁMINAS

TRES MUESTRAS POR CADA TURNO DE TRABAJO Y POR CADA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

2. ENSAYOS DE INTEGRIDAD DE LAS LÍNEAS DE ADHESIVO: ENSAYO DE DELAMINACIÓN (MÉTODO B)

UNA MUESTRA POR CADA PRENSADA O POR CADA 20 M³ DE PRODUCCIÓN

3. REGISTRO DEL ENCOLADO Y DEL PRENSADO

Fecha, especie, clase resistente, C.H., inicio de aplicación del adhesivo, inicio y fin del prensado, presión del prensado, adhesivo+endurecedor, cantidad de adhesivo y calibración del xilohigrómetro

CONTROL DE CALIDAD EN FÁBRICA

1. Registro de encolado:

Especie:			
Procedencia:			
Calidad de la madera o clase resistente:			
Tamaño de las piezas fabricadas (bxhxl), mm	Anchura, b (mm)	Canto, h (mm)	Longitud, l (mm)

2. Condiciones de fabricación

Tª aire (°C)	
Humedad relativa aire (%):	

3. Madera

Contenido de humedad de las láminas (%)	
Calibración del xilohigrómetro:	
Espesor de lámina (mm)	
Clase de servicio:	

4. Adhesivos en línea de cola

Hora comienzo aplicación del adhesivo:	
Tipo adhesivo (I ó II):	
Marca adhesivo:	
Proporción endurecedor/cola:	
Cantidad de adhesivo empleado (g/m ²)	

CONTROL DE CALIDAD EN FÁBRICA

5. Prensado

Hora inicio proceso prensado:

Hora finalización proceso prensado:

Presión encolado (N/mm²):

Tiempo de presión en el empalme tipo finger

5. Fraguado y acondicionado

Tª aire (°C)

Humedad relativa aire (%)

Hora en que se alcanza la Tª del nivel de fraguado

7. Control de la producción:

Responsable del control de la producción:

Identificación de problemas de calidad en elementos de madera laminada:

Propuesta de acciones para prevenir la aparición de elementos defectuosos de madera laminada:

8. Revisado por la Dirección:

CONTROL DE CALIDAD EN FÁBRICA

1. ENSAYOS DE FLEXIÓN DE CARA EN LOS EMPALMES POR UNIÓN DENTADA DE LAS LÁMINAS

TRES MUESTRAS POR CADA TURNO DE TRABAJO Y POR CADA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

2. ENSAYOS DE INTEGRIDAD DE LAS LÍNEAS DE ADHESIVO: ENSAYO DE DELAMINACIÓN (MÉTODO B)

UNA MUESTRA POR CADA PRENSADA O POR CADA 20 M³ DE PRODUCCIÓN

3. REGISTRO DEL ENCOLADO Y DEL PRENSADO

Fecha, especie, clase resistente, C.H., inicio de aplicación del adhesivo, inicio y fin del prensado, presión del prensado, adhesivo+endurecedor, cantidad de adhesivo y calibración del xilohigrómetro

4. DOCUMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE CALIDAD

Guardar la documentación relativa al procedimiento de verificar la calidad de la madera y del adhesivo, de fabricación de la M.L.E. y de los ensayos durante 10 años



EJERCICIOS

Letra

Examen febrero 2021

Ejercicio 2

Sea una viga simplemente apoyada de madera laminada encolada (de una conífera), clase resistente GL24h y clase de uso 2. La viga, que forma parte de una terraza, tiene una luz de 3.90 m, un ancho de influencia de 3 m, y una sección rectangular de 240 x 390 mm².

Sobre la viga descarga una carga permanente lineal (de peso propio y de los elementos constructivos) de 1.2 kN/m. Además, el entrepiso de la terraza resiste una sobrecarga de uso de 2.4 kN/m², y un viento (de duración corta) que tiene asociado una presión de pico de 1500 Pa y coeficientes totales de presión 0.37 y - 1.21.

Para la resolución considerar los siguientes coeficientes de simultaneidad:

Acción	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga de uso	0.4	0.2	0
Viento	0.6	0.5	0

Adicionalmente, asumir que no aplica el factor de carga compartida.

Letra

Examen febrero 2021

Ejercicio 2

Para la resolución considerar los siguientes coeficientes de simultaneidad:

Acción	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga de uso	0.4	0.2	0
Viento	0.6	0.5	0

Adicionalmente, asumir que no aplica el factor de carga compartida.

Parte a

Calcular el coeficiente de verificación ($\sigma_{m,d}/f_{m,d}$) asociado a la verificación de flexión simple (sin efectos de inestabilidad) para la combinación de acciones crítica. Ingresar el coeficiente con tres cifras después de la coma.

Fuente: Media Madera (www.mediamadera.com)



Muchas gracias
por la atención