

# LA MADERA EN LA CONSTRUCCION

(y II)

## VIII.2. Instrucciones para el proyecto de vigas laminadas

### 1. Cargas en vigas laminadas horizontalmente

Las cargas de trabajo para una pieza laminada horizontalmente se determinan multiplicando las tensiones básicas de la madera por los coeficientes dados en la Tabla 1.<sup>a</sup>, siempre que se utilice una clase de madera o por los indicados en la Tabla 2.<sup>a</sup>, cuando se empleen varias clases de madera. Deben utilizarse como mínimo cuatro láminas.

### 2. Cargas en vigas laminadas verticalmente

Las cargas se fijan multiplicando las cargas correspondientes a las láminas clasificadas por tensiones, por los coeficientes de la Tabla 3. Deben utilizarse como mínimo cuatro láminas para poder utilizarse eficazmente.

Por:

César PERAZA Oramas

TABLA 1

Máximo coeficiente reductor por defecto de las láminas	N.º láminas	C <sub>1</sub> Tracción II	C <sub>2</sub> M. elasticidad flexión	C <sub>3</sub> Compresión II	C <sub>4</sub> Esfuerzo cortante II	C <sub>5</sub> Compresión perpendicular
0,75	4 ó más	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00
0,65	4	0.68	0.89	0.87	0.90	1.00
	5	0.72	0.89	0.89		
	10	0.77	0.91	0.91		
	15	0.80	0.92	0.92		
	20	0.82	0.93	0.93		
	30	0.84	0.94	0.93		
	100	0.85	0.94	0.94		
0,50	4	0.40	0.77	0.76	0.90	1.00
	5	0.44	0.78	0.78		
	10	0.53	0.82	0.82		
	15	0.58	0.83	0.83		
	20	0.60	0.84	0.84		
	30	0.64	0.86	0.85		
	100	0.66	0.87	0.87		
		0.70	0.88	0.88		

Coefficientes reductores C<sub>1</sub> a C<sub>5</sub> para vigas y piezas de laminado horizontal, utilizando una sola clase de madera

### 3. Uniones de testa en láminas.

Se permiten las uniones de testa siempre que su distribución esté adecuadamente proyectada o cuando los elementos correspondientes hayan sido sometidos a los ensayos de control que se establecen en el apartado 20,

cuando no se ajusten a las especificaciones.

Cuando se utilicen juntas en bisel, es necesario comprobar que la tensión máxima a la que puede estar sometida la pieza, no es superior a la que resulta de multiplicar las tensiones básicas

de las especies que se considera por el coeficiente de eficacia de las juntas o uniones que se recogen en las Tablas 4 y 5.

Se admite que la presencia de una junta o unión en bisel, en una lámina, no afecta a su módulo de elasticidad y

puede utilizarse el momento de inercia de la sección transversal total para calcular la rigidez de la pieza. Si se utilizan otros tipos de uniones de testas, o bien se eliminan las láminas correspondientes, o el coeficiente de eficacia, debe calcularse mediante ensayos.

**4. Grupos mecánicos de maderas para el laminado**

Para simplificar el proyecto se agrupan las especies de resinosas (coníferas) que tienen propiedades similares de resistencia y rigidez. Los grupos

así formados tienen sus propiedades correspondientes a la más débil del grupo. Esta simplificación no impide el aprovechamiento máximo de las propiedades mecánicas de una especie que consiguientemente puedan emplearse.

La gran variedad de las características de las frondosas, no permite hacer grupo con ellas y por consiguiente, debe partirse de las características físico-mecánicas específicas. Estos grupos se recogen en las Tablas 6 y 7.

**TABLA 3**

Coeficiente  $C_{11}$  para vigas laminadas verticalmente para las tensiones de flexión y esfuerzo cortante paralelo a la fibra

N.º de láminas	$C_{11}$
4 .....	1.19
5 .....	1.21
6 .....	1.23
7 .....	1.24
8 .....	1.25
9 .....	1.26

Composición	N.º de láminas	$C_6$ Tracción II	$C_7$ M. elasticidad	$C_8$ Compresión II	$C_9$ Esfuerzo cortante II	$C_{10}$ Compresión perpendicular
1/3/1 1/2/1 1/4/1	4 ó más	0.95	0.98	0.93	<b>0.90</b>	1.00
1/2/1 1/3/1 1/4/1	4, 5 y 6 10 15 20 30 50 100	0.68 0.74 0.76 0.78 0.80 0.82 0.84	0.88 0.90 0.91 0.92 0.92 0.93 0.94	0.82 0.85 0.86 0.87 0.88 0.89 0.90	0.90	1.00

Coefficientes reductores  $C_6 - C_{10}$  para piezas y vigas de laminado horizontal, utilizando láminas de calidades combinadas

Por ejemplo 1/3/1 quiere decir que 1/5 de las láminas son de clase 0,75, 3/5 de clase 0,65, y 1/5 de clase 0,75

**TABLA 4. FLEXION Y TRACCION** Coeficiente de eficacia de la junta

Máximo coeficiente reductor de la tensión básica	Pendiente de la junta			
	1:6	1:8	1:10	1:12
0,75 .....	0,69	0,77	0,84	0,88
0,65 .....	0,67	0,75	0,81	0,85
0,50 .....	0,50	0,65	0,68	0,72

**TABLA 5. COMPRESION** Coeficiente de eficacia de la junta

Máximo coeficiente reductor de la tensión básica	Pendiente de la junta			
	1:6	1:8	1:10	1:12
0,75 .....	1,00	1,00	1,00	1,10
0,65 .....	1,00	1,00	1,00	1,10
0,50 .....	0,80	0,95	1,00	1,10

**TABLA 6**  
**GRUPOS DE CONIFERAS**

Pino de Oregón Alerce Pino Palustre Pino Silvestre	$G_1$
HEMLOCK OCCIDENTAL Pino de Panamá Pino silvestre Picca blanca del Canadá	$G_2$
Abeto rojo europeo Picea plateada del Canadá Abeto rojo del Canadá	$G_3$

# CONSTRUCCION

Grupo	Calificación	Flexión II Flexión/cm <sup>2</sup>	Compresión II Kg/cm <sup>2</sup>	Compresión ⊥ Kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo cortante II	Módulo de elasticidad	
						Medio	Mínimo
G <sub>1</sub>	Básica	140	98	18	14	91.400	45.700
	0,75	105	74	15	11		
	0,65	91	64	15	9		
	0,50	70	49	13	7		
	0,40	56	39	13	6		
G <sub>2</sub>	Básica	112	84	14	14	70.300	42.200
	0,75	84	63	12	11		
	0,65	73	55	12	9		
	0,50	56	42	11	7		
	0,40	45	34	11	6		
G <sub>3</sub>	Básica	77	56	11	11	59.800	31.600
	0,75	58	42	9	8		
	0,65	50	37	9	8		
	0,50	39	28	8	6		
	0,40	31	22	8	4		

TABLA 7 Tensiones aplicables a los grupos de coníferas en estado verde y en Kg/cm<sup>2</sup> (18% h)

## 5. Cargas admisibles

En general las cargas admisibles son las deducidas de las Tablas 7 y 8, salvo las modificaciones siguientes:

### 5.1. Duración de la carga para piezas sometidas a flexión

Las tensiones deducidas de las tablas 7 y 8 pueden aplicarse a cargas permanentes. No obstante, una pieza puede sostener una carga mucho mayor cuando ésta actúe en tiempo relativamente corto. Por ello se modifican las tensiones anteriores con arreglo a la Tabla 9.

### 5.2. Longitud y posición de los apoyos

En cualquier apoyo de carga perpendicular a la fibra, las tensiones admisibles en compresión perpendicular a la fibra, dependen de la longitud y localización del apoyo.

Las tensiones básicas son admisibles en compresión perpendicular a la fibra, para los soportes de cualquier longitud en los extremos de las piezas y para soportes de 15 o más centímetros de longitud, en cualquier posición de la pieza.

En apoyo de menos de 15 centímetros de longitud situados a 8 cms. o más de los extremos de la pieza, las tensiones deducidas de la clasificación deben multiplicarse por los coeficientes C<sub>13</sub>.

### 5.3. Cargas formando ángulo con la fibra de la madera

Cuando el esfuerzo forma un cierto ángulo con la fibra de la madera en el elemento que se considere, la carga unitaria admisible en compresión para la superficie inclinada es la siguiente:

Tensiones aplicables a los grupos de coníferas en estado seco en Kg/cm<sup>2</sup>

Grupo	Calificación	Flexión II Kg/cm <sup>2</sup>	Compresión II Kg/cm <sup>2</sup>	Compresión ⊥ Kg/cm <sup>2</sup>	Corte II Kg/cm <sup>2</sup>	Módulo de elasticidad	
						Medio	Mínimo
G <sub>1</sub>	Básica	176	134	25	15	98.500	49.200
	0,75	132	95	22	12		
	0,65	114	77	22	10		
	0,50	88	45	20	8		
	0,40	70	45	20	6		
G <sub>2</sub>	Básica	140	112	21	15	84.400	49.200
	0,75	98	81	18	12		
	0,65	81	67	18	10		
	0,50	63	49	15	8		
	0,40	53	39	15	6		
G <sub>3</sub>	Básica	105	84	15	13	70.300	38.700
	0,75	67	53	13	9		
	0,65	56	42	13	8		
	0,50	45	32	11	6		
	0,40	35	25	11	5		

$$C_{c\beta} = \frac{C_{c\parallel} \times C_{c\perp}}{C_{c\parallel} \sin^2 \beta + C_{c\perp} \cos^2 \beta}$$

En cuya fórmula se verifica,

$C_{c\parallel}$  = carga admisible paralela a la fibra

$C_{c\perp}$  = carga admisible perpendicular a la fibra

$C_{c\beta}$  = carga admisible en la superficie inclinada

$\beta$  = ángulo entre la dirección del esfuerzo y la dirección de la fibra.

#### 5.4.» Cargas complementarias

En el caso de que no se disponga de ensayos específicos, se elegirá la tracción perpendicular a la fibra, esfuerzo cortante de torsión y esfuerzo cortante de rodadura, igual al tercio del esfuerzo cortante paralelo a la fibra.

#### 5.5. Esfuerzo cortante en elementos estructurales trabajando a flexión, rebajados en los extremos

El esfuerzo cortante en los extremos rebajados en los elementos sometidos a flexión, será el correspondiente a la tensión calculada por su clasificación multiplicada por el coeficiente

$$C_{14} = \frac{\text{Altura efectiva } d_e}{\text{Altura total } d}$$

TABLA 9

Coefficiente de corrección  $C_{12}$  para piezas trabajando a flexión y a tracción en función de la carga

Duración de la carga	$C_{12}$
De larga duración (peso propio y cargas permanentes) . . . . .	1.00
De duración media (pero propio + nieve, peso propio + cargas eventuales) . . . . .	1.25
De corta duración (peso propio + cargas de impacto + viento, peso propio + cargas de impacto + viento) . . . . .	1.50

Longitud del apoyo .....	1,5 cm	2,5 cm	4,0 cm	5,0 cm	8,0 cm	10 cm	15 cm
Coefficiente $C_{13}$ .....	1,70	1,53	1,36	1,19	1,14	1,10	1,00

TABLA 10

Coefficiente  $C_{13}$  en función de los apoyos

#### 5.6. Coeficiente de forma para elementos sometidos a flexión

Las tensiones de clasificación se aplican a elementos de madera sólida o de madera laminada, cuya sección sea rectangular. Para otras formas se han de emplear los correspondientes factores correctores. Así:

Circular .....	$C_{15} = 1,18$
Sección cuadrada con cargas según las diagonales .....	$C_{15} = 1,41$

Para piezas laminadas de altura superior a 30 cms. las tensiones vienen multiplicadas por el factor de forma  $C_{16}$ .

$$C_{16} = \frac{d + 922,6}{d + 568,}$$

$d$  = viene medido en centímetros.

#### 5.7. Elementos curvos

Para las partes curvas de una pieza laminada, la tensión de clasificación debe multiplicarse por el coeficiente  $C_{17}$ .— $e/R$ , relación del espesor al radio de curvado.

#### 5.8. Esbeltez

Las tensiones de clasificación en elementos sometidos a compresión, deben modificarse en función de las condiciones de duración de la carga y la esbeltez, con arreglo a las tablas 12 y 13.

TABLA 11

$e/R$ ...	1/100	1/125	1/150	1/175	1/200	1/250	1/300
$C_{17}$ ....	0.80	0.87	0.90	0.91	0.93	0.94	0.95

Maderas clasificadas 0,75 y 0,65 tanto para especies frondosas como resinosas -  $G_0$

TABLA 12

Duración de la carga	Valores límites de $l/r$	$C_{19}$
Cargas permanentes .....	$\leq \sqrt{\frac{11.46 \times E}{C_d \parallel}}$	$1 - 0,0437 \frac{C_d \parallel}{E} \left(\frac{l}{r}\right)^2$
	$\geq \sqrt{\frac{11.46 \times E}{C_d \parallel}}$	$5,73 \frac{E}{C_d \parallel} \cdot \left(\frac{r}{l}\right)^2$
Cargas de duración intermedia .....	$\leq \sqrt{\frac{10.00 \times E}{C_d \parallel}}$	$1,25 - 0,0626 \frac{C_d \parallel}{E} \left(\frac{l}{r}\right)^2$
	$\geq \sqrt{\frac{10.00 \times E}{C_d \parallel}}$	$6,24 \cdot \frac{E}{C_d \parallel} \left(\frac{r}{l}\right)^2$

Duración de la carga	Valores límites de $l/\tau$	$C_{19}$
Carga dinámica .....	$\leq \sqrt{\frac{8.62 \times E}{C_d //}}$ $\geq \sqrt{\frac{8.62 \times E}{C_d //}}$	$1,50 - 0,087 \frac{C_d //}{E} \left(\frac{l}{\tau}\right)^2$ $6,46 \frac{E}{C_d //} \left(\frac{\tau}{l}\right)^2$

$C_d$  = Carga de clasificación  
 $E$  = Módulo de elasticidad

$\tau$  = Dimensión transversal menor  
 $l$  = Longitud de la pieza

$C_d //$  = Carga de clasificación paralela a la fibra

TABLA 13

Coefficiente de esbeltez  $G_8$  para maderas clasificadas 0,50 y 0,40

ESBELTEZ		VALORES DE $G_8$			
$l/\tau$	$l/b$	Cargas permanentes	Cargas duración media	Cargas dinámicas	
Menos de 5	1.40	1.00	1.25	1.50	
	1.40	0.99	1.24	1.49	
	2.90	0.98	1.23	1.47	
20	5.80	0.96	1.20	1.44	
	30	8.70	0.94	1.17	1.40
	40	11.50	0.91	1.13	1.34
	50	14.40	0.87	1.08	1.27
60	17.30	0.83	1.00	1.16	
	70	20.20	0.77	0.90	1.01
80	23.00	0.70	0.79	0.86	
	90	26.00	0.61	0.68	0.72
100	28.80	0.53	0.58	0.60	
	120	34.60	0.40	0.42	0.44
140	40.40	0.31	0.32	0.33	
	160	46.20	0.24	0.25	0.25
180	52.00	0.20	0.20	0.20	
	200	57.70	0.16	0.16	0.17
220	63.50	0.13	0.14	0.14	
	240	69.20	0.11	0.12	0.12
250	72.20	0.10	0.11	0.11	

Los valores del módulo de elasticidad son los valores mínimos dados en las tablas 7 y 8.

**QUEDA PROHIBIDA LA REPRODUCCION DE TEXTOS E IMAGENES DE ESTE BOLETIN SIN AUTORIZACION PREVIA DE LA ASOCIACION**

**Industrial**  
 de la  
**Madera**  
 y **Corcho**



trabaja para usted  
 poniendo la  
 investigación técnica  
 al servicio de su industria