

# DE1

Carrera de Arquitectura  
Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional de Cuyo

## DISEÑO ESTRUCTURAL I

# COMPONENTES FLEXIONADOS MADERA

Daniel VIDELA



UNCUYO  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE  
INGENIERÍA

8B

Guía de Estudio

# MADERA – REGLAMENTOS DE APLICACIÓN – CODIGOS.

Reglamento CIRSOC 601  
Ministerio del Interior,  
Obras Públicas y Vivienda  
Secretaría de Obras Públicas de la Nación



# MADERA – TIPOS ESTRUCTURALES

**Madera:** Material orgánico y natural.  
Heterogénea en su aspecto y comportamiento.

**ASERRADA O MACIZA:** Obtenidas del aserrado del tronco. Estacionadas y estabilizadas para disminuir contenido de humedad y sustancias orgánicas. **Dimensiones limitadas.**

**MADERA LAMINADA:** Encolado a presión de elementos pequeños previamente acondicionados. Producto industrial con menos heterogeneidad. **Piezas de mayores dimensiones.**

**MADERA COMPENSADA (Fenólico):** Encolado a presión de láminas de madera, alternando la disposición de las fibras en forma perpendicular. Elementos planos.

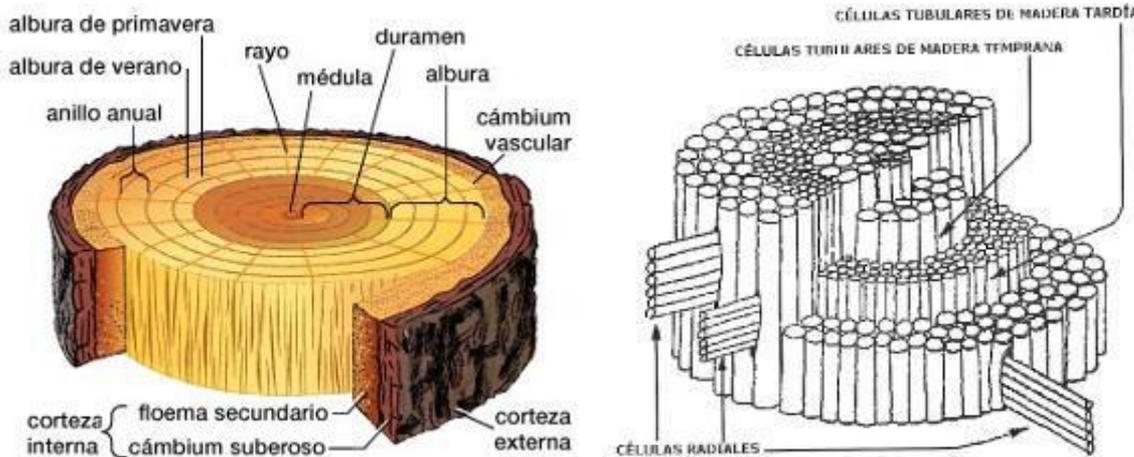
**MADERA RECOMPUESTA (OSB):** Placas formadas por astillas de madera encoladas y prensadas en diversas direcciones.



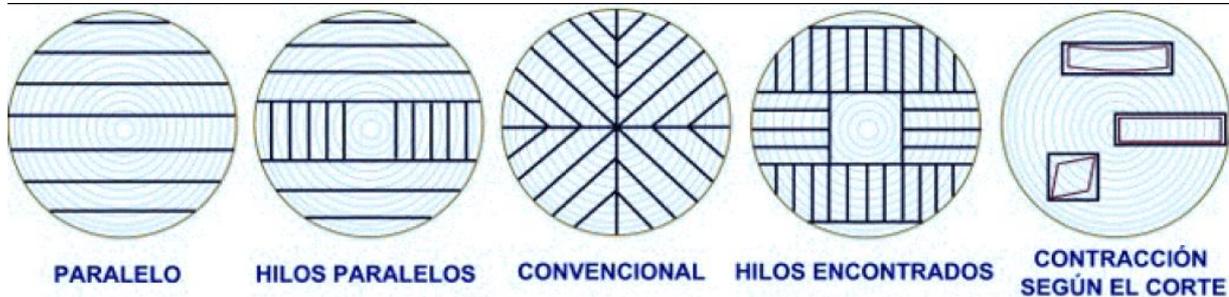
# MADERA – ESTRUCTURA DE LA MADERA

Sección transversal: anillos que marcan el crecimiento.

El tronco está formado por fibras longitudinales (células tubulares “huecas”).



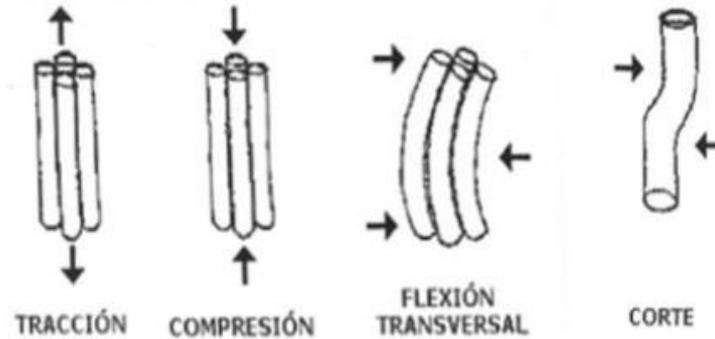
Las piezas macizas se cortan según el eje longitudinal del tronco.



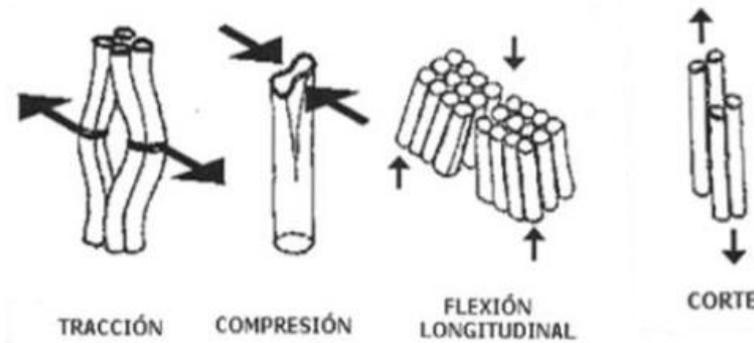
# MADERA – COMPORTAMIENTO DE LA MADERA

**MATERIAL ANISÓTROPO:** la **resistencia** y la **rigidez** son distintas según la dirección de aplicación de la fuerza, paralela o perpendicular a las fibras.

Tiene buena resistencia a tracción y compresión paralela a las fibras, y a flexión y corte perpendicular a las fibras.



Tiene poca resistencia a tracción y compresión perpendicular a las fibras, y a flexión y corte paralela a las fibras.



# MADERA – ENSAYO A COMPRESIÓN

La caracterización de la resistencia de la madera, se hace a través del ensayo a compresión paralelo a las fibras.

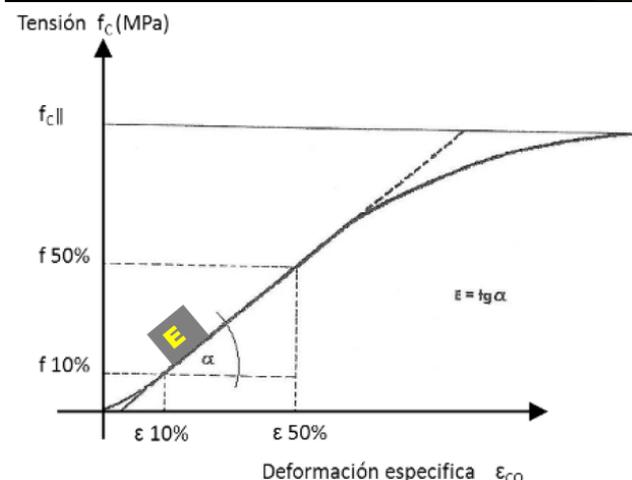
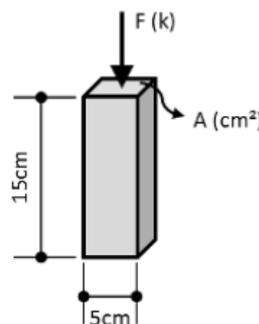
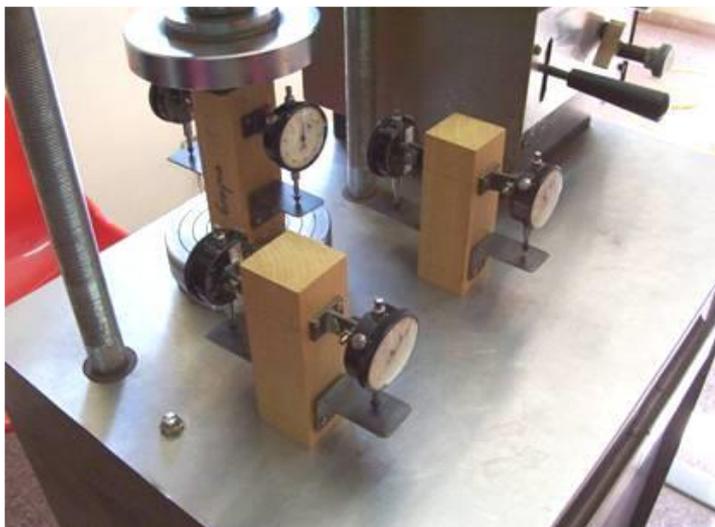


Diagrama de Tensión-Deformación Específica para la determinación de la resistencia a compresión paralela a las fibras.

$$f_{cok} = F / A \quad [\text{kg/cm}^2]$$

La **Resistencia Característica** (tensión característica a compresión paralela a las fibras), se define cuando el 95% de las probetas superan ese valor de resistencia antes de romper.

# MADERA – ENSAYO A COMPRESIÓN

Características Físico – Mecánicas de las Maderas más comunes.

Madera	$f_{c0k}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$E_m$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	$\rho_{bas}$ (Kg/m <sup>3</sup> )
Angelim	310	99.609	568
Anchico	494	155.744	691
Cedro	339	141.484	287
Curupay	598	172.176	944
Eucaliptus	208	128.770	495
Grapia	612	117.148	722
Guatambú	411	147.221	631
Incienso	594	155.542	747
Paio Blanco	495	114.098	710
Pino Eliotis (c)	215	71.312	488
Pinotea americana (c)	427	211.323	695
Quebracho blanco	454	118.322	1015
Roble	449	121.624	516
Urunday	664	166.822	831
Timbó	715	161.113	689
Virapitá	476	133.409	773

$f_{c0k}$ : Resistencia Característica a Compresión Paralela a las Fibras [kg/cm<sup>2</sup>].

$E_m$ : Módulo de Elasticidad Medio [kg/cm<sup>2</sup>].

$\rho_{bas}$ : Densidad Básica [kg/m<sup>3</sup>].

# MADERA – ENSAYO A COMPRESIÓN

## MADERAS DE CONSTRUCCIÓN USUALES EN LA REPÚBLICA ARGENTINA

MADERA	Módulo de Elasticidad [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Densidad	COEFICIENTES DE TRABAJO ADMISIBLES [Kg/cm <sup>2</sup> ]					
			Tracción	Compresión		Flexión	Corte	
				⊥ Fibras	// Fibras		⊥ Fibras	// Fibras
Quebracho colorado	113.000	1,300	90	70	85	120	47	20
Palo Santo	87.000	1,260	120	-	90	100	-	-
Urunday	116.000	1,210	120	40	80	120	45	16
Curupay colorado	156.000	1,181	110	40	85	120	46	15
Guayacán	98.000	1,171	80	54	85	120	37	16
Lapacho Negro	158.000	1,139	120	41	90	120	52	17
Mora	116.000	1,084	100	37	85	100	36	18
Curupay negro	134.000	1,052	100	38	70	100	47	18
Virapitá	96.000	0,994	60	17	50	60	34	13
Incienso colorado	112.000	0,987	90	43	70	100	38	17
Lapacho Verde	134.000	0,978	90	40	70	100	41	16
Curpayrá blanco	113.757	0,975	70	25	65	70	-	-
Incienso amarillo	141.000	0,967	90	34	70	100	38	17
Viraró	126.000	0,965	75	37	55	80	28	13
Nandubay	86.000	0,955	80	52	60	80	39	18
Quebracho blanco	67.000	0,912	60	54	50	40-60	35	18
Curupayná	121.000	0,901	55	-	65	100	34	19
Algarrobo negro	59.000	0,720	40	31	445	60	27	14
Nogal	81.000	0,700	40	23	35	40	20	9
Pino tea	90.000	0,670	85	22	55	80	40	15
Cedro Macho	55.000	0,695	35	49	35	40	22	11
Cedro	102.000	0,608	35	34	45	60	23	11
Pacará	75.000	0,535	40	37	30	32	23	10
Coigñé	102.000	0,493	40	10	30	26	20	10
Álamo	72.000	0,466	35	44	30	40	24	10
Pino blanco	140.000	0,435	35	-	35	30	-	-
Sauce	62.000	0,410	30	59	15	32	20	6

# MADERA – CONDICIÓN DE SERVICIO NORMAL (DIN 1052)

## 7.4.1.- CLASIFICACION DE LAS MADERAS

Las maderas para estructuras se clasifican en:

Grupo 1: Maderas duras	$g \geq 800 \text{ kg/m}^3$	
Grupo 2: Maderas semiduras	$800 \text{ kg/m}^3 > g \geq 650 \text{ kg/m}^3$	Grupo 2: corresponde a “Roble y Haya”.
Grupo 3: Maderas blandas	$650 \text{ kg/m}^3 > g \geq 450 \text{ kg/m}^3$	Grupo 3: corresponde a “Coníferas”.
Grupo 4: Maderas muy blandas	$g < 450 \text{ kg/m}^3$	

## 7.4.2.- TENSIONES DE CÁLCULO PARA ESTRUCTURAS DE MADERA

### 7.4.2.1.- CONDICIONES DE SERVICIO NORMAL

a) Piezas prismáticas (Tensiones admisibles en kg/cm<sup>2</sup>)



CCSRMZA '87

Solicitud	Grupo 4		Grupo 3			Grupo 2		Gr 2	Gr 1
	M o L		Maciza			Laminada		M/L	M
	III	II	III	II	I	II	I	II	II
1 Flexión	50	80	70	100	130	100	140	110	150
2 Tracción	0	70	0	85	105	85	105	100	120
3 Compresión //	45	70	60	85	110	85	110	100	120
4 Comp. Normal	15	15	20	20	20	20	20	30	60
Comp. Normal <sup>1</sup>	20	20	25	25	25	25	25	40	80
5 Hendimiento	7	7	9	9	9	9	9	10	15
6 Tang. Paralela	7	7	9	9	9	9	12	10	15
7 Módulo E/1000	70	70	100	100	100	100	100	125	150

<sup>1</sup> Siempre que las deformaciones por aplastamiento sean admisibles para el conjunto de las construcciones.

# MADERA – RESISTENCIA – VALORES DE DISEÑO

**Maderas Duras:** Lapacho, Virapitá, Anchico, Quebracho.

Buen comportamiento estructural, pero no para reforestación: lento crecimiento (desequilibrio ecológico).

**Maderas de Reforestación:** Pino Paraná, Pino Elliotis, Alamo, Eucaliptus.

Buen comportamiento estructural, mejores propiedades y rápido crecimiento:

La **Madera**, presenta diferentes características según:

- Especie.
- Procedencia.
- Tipo de Solicitud.
- Dirección de la Solicitud.

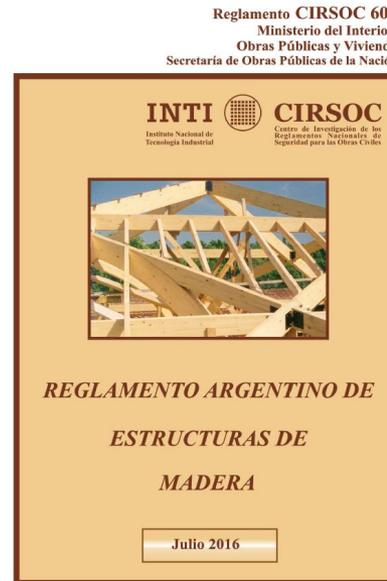
# MADERA – TENSIÓN DE REFERENCIA

Se obtiene a partir de la realización de ensayos y de la aplicación estadística.

La **tensión de referencia** es un valor tal que, sólo el 5% de los valores de tensiones de los ensayos son inferiores a ella. De otra forma, se define cuando el 95% de las probetas superan ese valor de resistencia antes de romper.

La **TENSION DE REFERENCIA** es una tensión, obtenida de probetas libres de defectos y con un valor de humedad controlada y condiciones que pueden diferir de aquellas que podemos encontrar en nuestras estructuras.

El Reglamento **CIRSOC 601**: Estructuras de Madera, brinda tablas con los valores de tensiones de referencia, módulos de elasticidad y densidades de madera aserrada y laminada, para diversas especies de reforestación usadas en nuestro país.



# MADERA – TENSIÓN DE REFERENCIA

Tabla S.2.1.1-1. Valores de diseño de referencia para madera laminada encolada estructural de las especies incluidas en la norma IRAM 9660-1 (2015) (N/mm<sup>2</sup>)

Espece	Grado de resistencia	$F_b$	$F_t$	$F_v$	$F_{c\perp}$	$F_c$	$F_{rt}$	$E$	$E_{0,05}$	$E_{min}$
Pino taeda y elliotti <sup>(1)</sup>	1	6,3	3,5	0,7	0,9	6,3	0,1	11200	7500	4700
	2	4,1	2,3	0,4	0,8	4,1	0,1	6700	4500	2800
Pino Paraná <sup>(2)</sup>	1	7,5	4,1	0,8	1,0	7,5	0,1	13400	9000	5700
	2	6,3	3,5	0,7	0,9	6,3	0,1	11600	7800	4900
Eucalipto grandis <sup>(3)</sup>	1	7,5	4,1	0,8	1,8	7,5	0,1	13400	9000	5700
	2	6,6	3,7	0,8	1,7	6,6	0,1	11600	7800	4900
Álamo <sup>(4)</sup>	1	6,3	3,5	0,7	0,9	6,3	0,1	9400	6300	4000
	2	5,6	3,2	0,6	0,9	5,6	0,1	8500	5700	3600

(1) *Pinus taeda y elliottii* cultivado en las provincias de Misiones y Corrientes, (2) *Araucaria angustifolia* cultivado en la provincia de Misiones, (3) *Eucalyptus grandis* cultivado en las provincias de Entre Ríos, Corrientes y Misiones, (4) *Populus deltoides* ('Australiano 129/60' y 'Stoneville 67') cultivado en el delta del río Paraná.

[1 N/mm<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>]

# MADERA – TENSIÓN DE REFERENCIA AJUSTADA

Para obtener la **Resistencia de Cálculo**, la tensión de referencia debe ajustarse con diversos factores, según las condiciones particulares de cada estructura.

**Factor de duración de carga [ $C_D$ ]**: Considera la capacidad de soportar cargas mayores, si están aplicadas en breves períodos de tiempo.

Tabla 4.3-2. Factor de duración de la carga ( $C_D$ )

Duración de la carga	$C_D$	Ejemplo de carga
Permanente	0,9	Peso propio
10 años (duración normal)	1,0	Sobrecarga de uso <sup>(1)</sup>
2 meses	1,15	Nieve <sup>(2)</sup>
7 días	1,25	Constructiva
10 minutos	1,6	Viento, sismo
Instantánea	2,0 <sup>(3)</sup>	Carga accidental

**Factor de condición de servicio [ $C_M$ ]**: Considera la diferencia en las condiciones de humedad de servicio, con relación al porcentaje de humedad de la madera ensayada.

Tabla 5.3-2. Valores de  $C_M$

$F_b$	$F_t$	$F_v$ y $F_{rt}$	$F_{c\perp}$	$F_c$	$E, E_{0,05}$ y $E_{min}$
0,80	0,80	0,87	0,53	0,73	0,83

# MADERA – TENSIÓN DE REFERENCIA AJUSTADA

**Factor de temperatura [Ct]:** Tiene en cuenta la mayor o menor capacidad resistente que adquiere la madera cuando varía la temperatura (ante mayor temperatura la resistencia disminuye).

Tabla 5.3-3. Factor de temperatura (C<sub>t</sub>)

Tensiones y módulo de elasticidad	Condición de servicio en estado:	C <sub>t</sub>		
		T ≤ 40 °C	40 °C < T ≤ 52 °C	52 °C < T ≤ 65 °C
F <sub>t</sub> , E, E <sub>0,05</sub> , E <sub>min</sub>	cualquiera	1,0	0,9	0,9
F <sub>b</sub> , F <sub>v</sub> , F <sub>rt</sub> , F <sub>c</sub> , F <sub>c⊥</sub>	seco	1,0	0,8	0,7
	húmedo	1,0	0,7	0,5

**Factor de estabilidad lateral [CL]:** Si la sección tiene mucha esbeltez (relación alto/ancho), el borde comprimido puede pandearse, si no tiene suficientes condiciones de vínculos.

- a) si  $1 < d / b \leq 2$ , se debe impedir el desplazamiento y el giro lateral de los extremos.
- b) si  $2 < d / b \leq 5$ , se debe impedir el desplazamiento y el giro lateral de los extremos y de las secciones que reciben cargas concentradas. Se debe mantener arriostrado en toda su longitud el borde comprimido, impidiendo su desplazamiento por medio de un entablado o medio similar.
- c) si  $5 < d / b \leq 6$ , además de satisfacer lo dispuesto en el punto b) anterior, se deben disponer arriostramientos involucrando la altura total de la viga, con una separación máxima de **2,40 m**, y capacidad para impedir el desplazamiento y el giro lateral de las secciones en las cuales se ubican.

# MADERA – TENSIÓN DE REFERENCIA AJUSTADA

**Factor de tamaño [CF]:** Para la **madera aserrada**, considera la diferencia de altura de la sección, con relación a la altura de referencia (15cm).

**Factor de volumen [CV]:** Para la **madera laminada**, considera la diferencia de altura de la sección con relación a la altura y ancho de referencia (15cm x 60cm).

**Factor de distribución de carga [Cr]:** Para el caso de piezas que se encuentren vinculadas entre sí lateralmente, y con separaciones más o menos similares.

Tabla 5.3-1 Factores de ajuste aplicables para madera laminada encolada estructural

Tensiones y módulo de elasticidad	Factores de ajuste aplicables								
$F'_b = F_b$	X	$C_D$	$C_M$	$C_t$	$C_L$	$C_V$	$C_c$	$C_r$	-
$F'_t = F_t$	X	$C_D$	$C_M$	$C_t$	-	-	-	-	-
$F'_v = F_v$	X	$C_D$	$C_M$	$C_t$	-	-	-	-	-
$F'_{c\perp} = F_{c\perp}$	X	$C_D$	$C_M$	$C_t$	-	-	-	-	-
$F'_c = F_c$	X	$C_D$	$C_M$	$C_t$	-	-	-	-	$C_P$
$F'_{rt} = F_{rt}$	X	$C_D$	$C_M$	$C_t$	-	-	-	-	-
$E' = E$	X	-	$C_M$	$C_t$	-	-	-	-	-
$E'_{0,05} = E_{0,05}$	X	-	$C_M$	$C_t$	-	-	-	-	-
$E'_{min} = E_{min}$	X	-	$C_M$	$C_t$	-	-	-	-	-

# MADERA – TENSIÓN DE REFERENCIA AJUSTADA

En casos **normales de uso**, viviendas o estructuras sencillas, en ambientes de condiciones de humedad normales, cubiertos o semi cubiertos y respetando relaciones de altura/ancho entre 1 y 5, con temperaturas menores a 40° los coeficientes de ajustes son:

$$C_M = 1$$

$$C_t ; C_r = 1$$

Madera Aserrada: 
$$C_F = \left( \frac{150}{d} \right)^{0,2} \leq 1,3$$

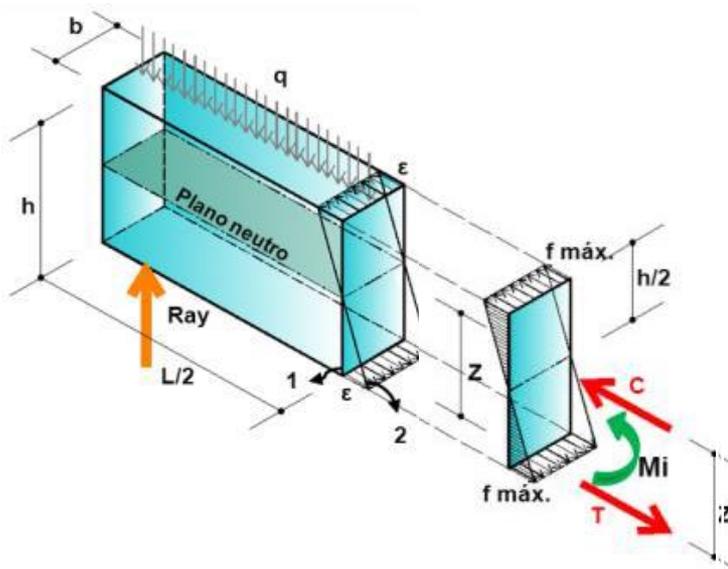
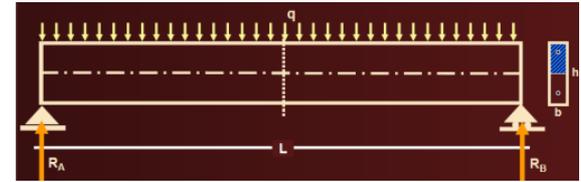
Madera Laminada: 
$$C_V = \left( \frac{600}{d} \right)^{0,1} \left( \frac{150}{b} \right)^{0,05} \leq 1,1$$

$C_L = 1$  (si se cumple lo anteriormente indicado)

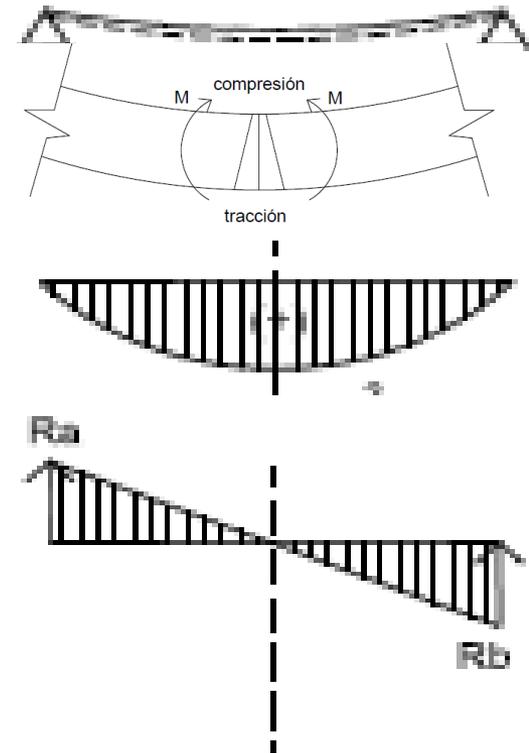
$C_D = 1$	para cargas D + L
$C_D = 1.15$	para cargas D + L + S
$C_D = 1.6$	para cargas D + W ó D + E

# MADERA – DISEÑO A FLEXIÓN

Esquema estructural: Viga simplemente apoyada.  
 Esquema de carga: Uniforme.  
 Deformada: Desplazamientos verticales y rotaciones.  
 Solicitaciones: Momento y corte.



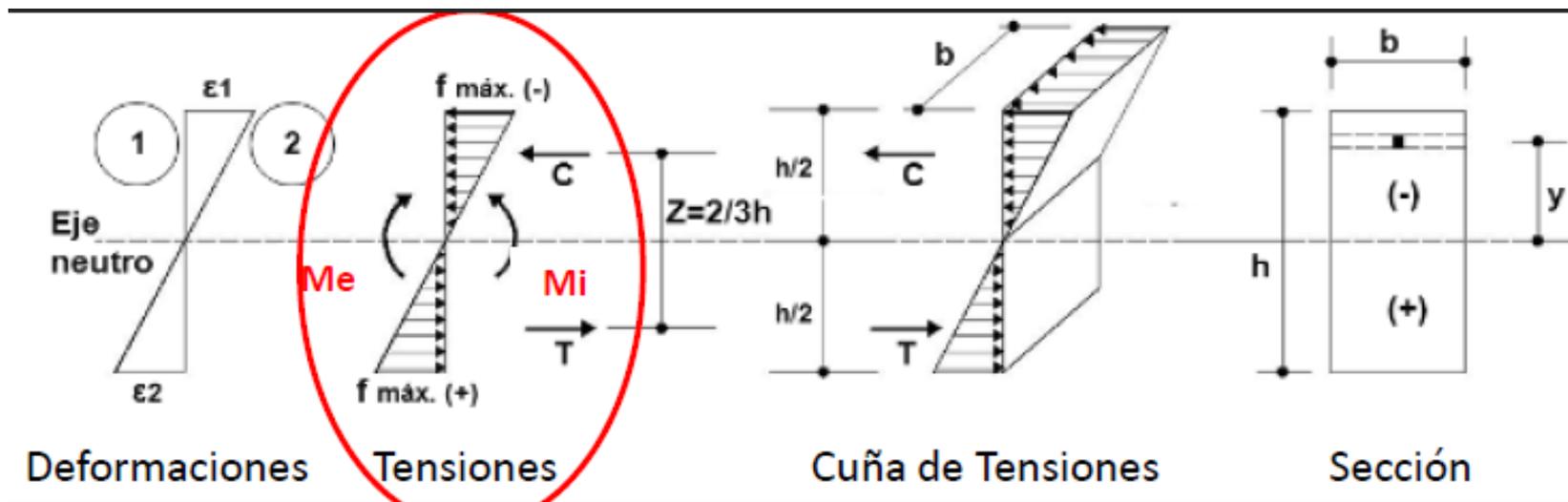
- La sección gira, de la posición 1 a la posición 2, y se mantiene plana. Se cumple la Ley de Navier-Bernoulli.
- Las fibras sufren deformaciones ( $\epsilon$ )
- Las fibras superiores se acortan, las inferiores se alargan. Las fibras medias no se deforman.
- La oposición a deformarse genera tensiones internas normales a la sección ( $f$ ).



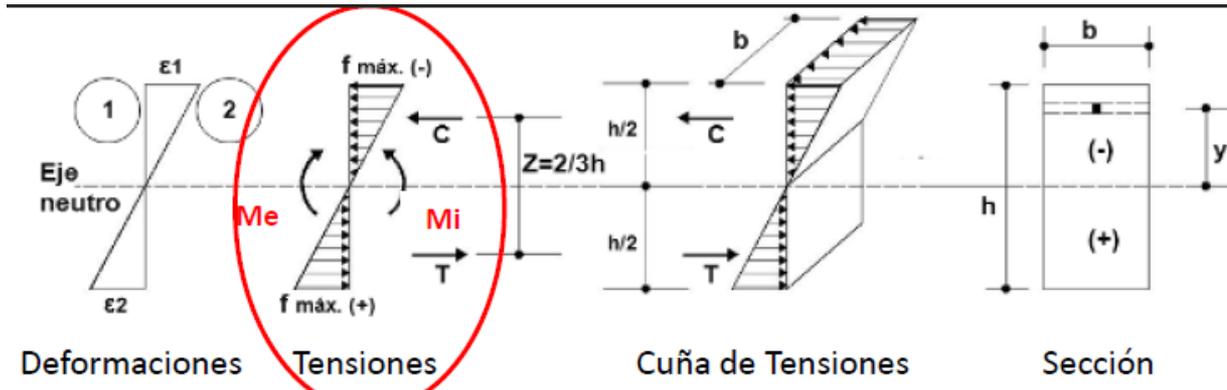
# MADERA – DISEÑO A FLEXIÓN

La madera es considerado material elástico:

- El diagrama de tensiones es lineal, Ley de Hooke: las tensiones son proporcionales a las deformaciones.
- Máximas tensiones en fibras más alejadas.
- La suma de todas las Fuerzas de compresión y tracción, son las Fuerzas interiores C y T.
- T y C están ubicadas a una distancia  $z$  y generan un **Momento Interno**, que se opone al **Momento Externo**.



# MADERA – DISEÑO A FLEXIÓN



Sección:  $b \cdot h$

Tensión:  $f = \text{Fuerza} / \text{Area}$

Fuerza:  $\text{Fuerza} = f \cdot \text{Area}$ ; entonces  $T = C = f_{\text{máx.}} \cdot A$

Fuerza Compresión:  $C = \frac{1}{2} \cdot f_{\text{máx.}} \cdot h/2 \cdot b$

Brazo elástico:  $z = 2 \cdot (2/3 \cdot h/2) = 2/3 h$

Momento Interno:  $M_i = C \cdot z$   
 $M_i = \frac{1}{2} \cdot f_{\text{máx.}} \cdot h/2 \cdot b \cdot 2/3 \cdot h$   
 $M_i = f_{\text{máx.}} \cdot (b \cdot h^2 / 6)$   
 $M_i = f_{\text{máx.}} \cdot S_x$

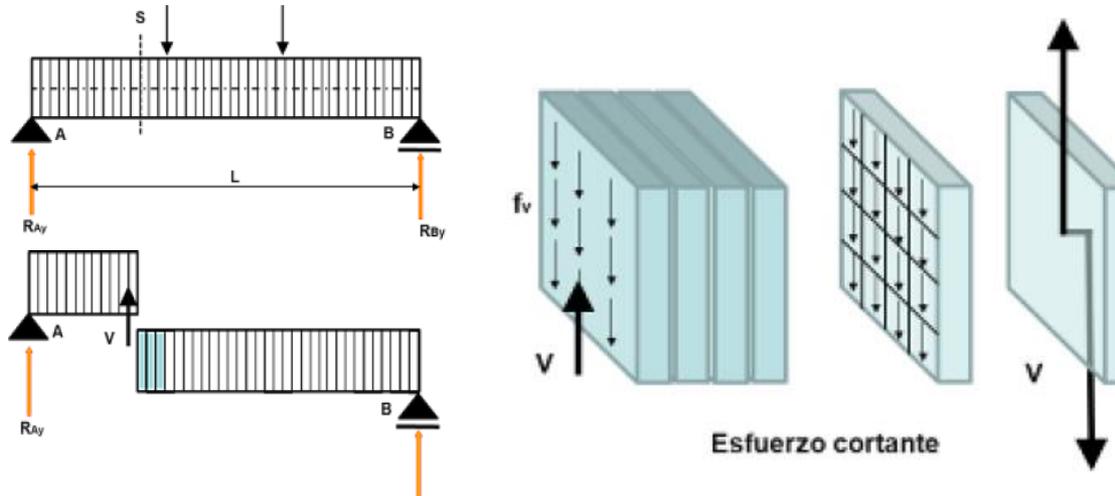
**Sx: módulo resistente elástico:**  $S_x = I_x / y_{\text{máx}}$   $y_{\text{máx}} = h / 2$

**Equilibrio:**  $M_i = M_e = M_{\text{máx}}$

**Tensión:**  $f_b = f_{\text{máx}} = M_{\text{máx}} / S_x \leq F'_b$

# MADERA – DISEÑO A CORTE

La acción del esfuerzo de Corte ( $V$ ) en una sección cualquiera, debe ser equilibrada por tensiones cortantes internas ( $f_v$ ), que aparecen al deformarse la viga.



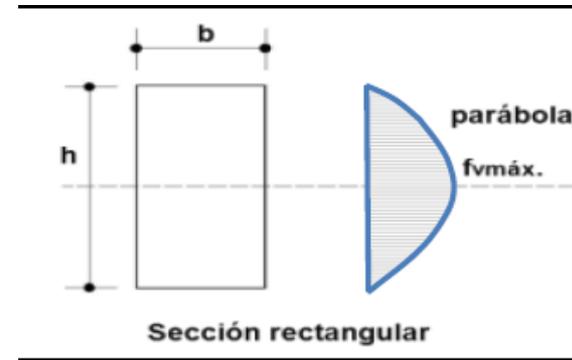
Esfuerzo cortante

Para una sección rectangular:

$$f_v = V_{max} / A$$

$$f_v = 1.5 \cdot V_{max} / (b \cdot h)$$

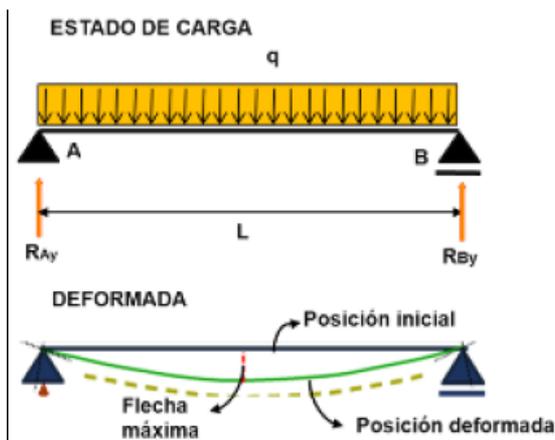
$$f_v \leq F'v$$



# MADERA – DEFORMACIÓN- FLECHA

En las vigas de acero y de madera, según sobrepasen una cierta longitud, las deformaciones (flechas), son las que determinan las dimensiones necesarias.

Se debe cumplir la **Condición de Rigidez**.

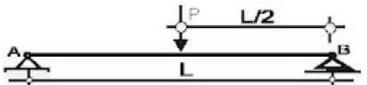
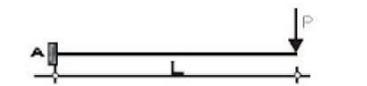
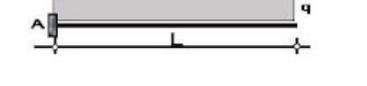


# MADERA – DEFORMACIÓN- FLECHA

Las deformaciones, se verifican con cargas de servicio.

## VIGAS DE EJE RECTO ISOSTÁTICAS

TABLAS DE  $M_0$  - R - f

TIPO DE VIGA Y CARGA ACTUANTE	REACCIONES DE VÍNCULO	$M_0$ max en $x_0$	FLECHA MÁX. en $x_1$
	$R_A = R_B = q \frac{L}{2}$	$\frac{qL^2}{8}$ $x_0 = \frac{L}{2}$	$f_{\max} = \frac{5}{384} q \frac{L^4}{EI}$ $x_1 = \frac{L}{2}$
	$R_A = R_B = \frac{P}{2}$	$\frac{PL}{4}$ $x_0 = \frac{L}{2}$	$f_{\max} = \frac{1}{48} \frac{PL^3}{EI}$ $x_1 = \frac{L}{2}$
	$R_A = P$	$P \cdot L$ $x_0 = 0$	$f_{\max} = \frac{1}{3} \frac{PL^3}{EI}$ $x_1 = L$
	$R_A = qL$	$\frac{qL^2}{2}$ $x_0 = 0$	$f_{\max} = \frac{1}{8} \frac{qL^4}{EI}$ $x_1 = L$

$$\text{flecha} \leq \Delta_i = L / 300$$

# MADERA – DEFORMACIÓN- FLECHA

Tabla 3.2.3-1 Deformaciones admisibles recomendadas para las vigas

Destino de la construcción	Deformación instantánea originada por las cargas variables	Deformación final neta originada por la totalidad de las cargas
Viviendas y oficinas	$\Delta_{i(V)} \leq \ell / 360$ (voladizos $\ell / 180$ )	$\Delta_{fnet(TC)} \leq \ell / 300$ (voladizos $\ell / 150$ )
Comercio, recreación e institucional	$\Delta_{i(V)} \leq \ell / 360$ (voladizos $\ell / 180$ )	$\Delta_{fnet(TC)} \leq \ell / 240$ (voladizos $\ell / 120$ )
Construcciones industriales o rurales con bajo factor de ocupación	-	$\Delta_{fnet(TC)} \leq \ell / 200$ (voladizos $\ell / 100$ )
siendo:		
$\ell$	la luz de cálculo de la viga;	
$\Delta_{i(V)}$	la deformación instantánea producida por las cargas variables;	
$\Delta_{fnet(TC)}$	la deformación final neta producida por la totalidad de las cargas.	

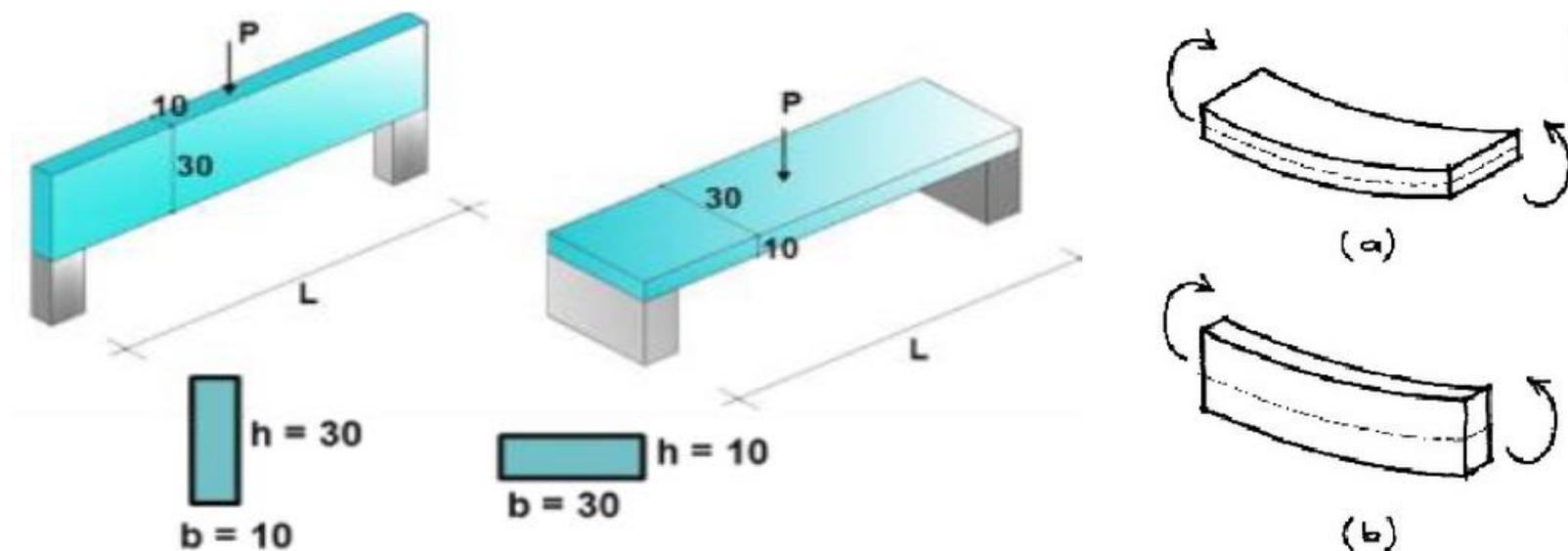
Deformación diferida

$$\Delta_f = K_{cr} \Delta_{i(LD)} + \Delta_{i(CD)}$$

Valores de $K_{cr}$		
Elementos secos	Vigas de madera aserrada y laminada. Condición de servicio seca.	1,5
	Vigas de madera aserrada y laminada. Condición de servicio húmeda.	2,0
Elementos verdes	Vigas de madera aserrada o sección circular que secan bajo carga.	3,0

# MADERA – DEFORMACIÓN- FLECHA

Las deformaciones no son iguales, sino que dependen (entre otras variables), de la disposición del material.



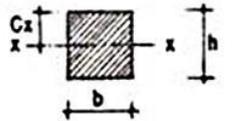
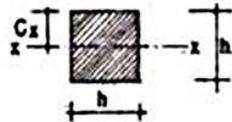
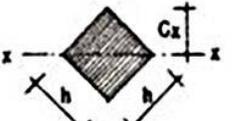
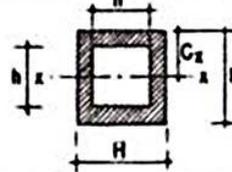
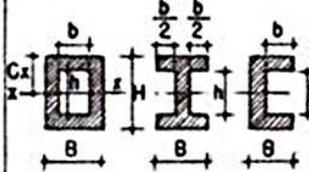
**Momento de inercia:** Característica geométrica de la sección, que expresa la capacidad de resistir deformaciones por flexión. Resistencia u **oposición al giro.**

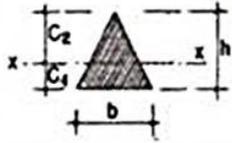
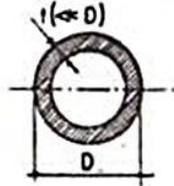
Para una sección rectangular:

$$I_x = b \cdot h^3 / 12$$

$$S_x = I_x / (h/2)$$

# MADERA – DEFORMACIÓN- FLECHA

Nº	SECCION	AREA	$C_x$	$I_x$	$S_x$
1		$bh$	$\frac{h}{2}$	$\frac{bh^3}{12}$	$\frac{bh^2}{6}$
2		$h^2$	$\frac{h}{2}$	$\frac{h^4}{12}$	$\frac{h^3}{6}$
3		$h^2$	$\frac{h}{\sqrt{2}}$	$\frac{h^4}{12}$	$\frac{\sqrt{2}}{12}h^3 = 0.12h^3$
4		$H^2 - h^2$	$\frac{H}{2}$	$\frac{H^4 - h^4}{12}$	$0.12 \frac{H^4 - h^4}{H}$
5		$BH - bh$	$\frac{H}{2}$	$\frac{BH^3 - bh^3}{12}$	$\frac{BH^3 - bh^3}{6H}$

Nº	SECCION	AREA	$C_x$	$I_x$	$S_x$
6		$\frac{bh}{2}$	$C_2 = \frac{2}{3}h$ $C_1 = \frac{1}{2}h$	$\frac{bh^3}{36}$	$W_2 = \frac{bh^2}{24}$ $W_1 = \frac{bh^2}{12}$
7		$\frac{\pi}{4}D^2$ $0.79D^2$ $3.14R^2$	$\frac{D}{2} = R$	$\frac{\pi D^4}{64}$ $0.05D^4$ $0.79R^4$	$\frac{\pi D^3}{32}$ $0.1D^3$ $0.79R^3$
8		$\pi Dt = 6.28Rt$	$\frac{D}{2} = R$	$\frac{\pi D^3}{8}t = 0.39D^3t$ $3.14R^3t$	$\frac{\pi D^2}{4}t = 0.79D^2t$ $3.14R^2t$
9		$\frac{\pi}{2}R^2$ $1.57R^2$	$C_2 = 0.58R$ $C_1 = 0.42R$	$0.11R^4$	$W_2 = 0.19R^3$ $W_1 = 0.26R^3$
10		$\pi R^2$	$C_2 = 0.36R$ $C_1 = 0.64R$	$0.30R^4$	$W_2 = 0.83R^3$ $W_1 = 0.47R^3$

# MADERA – DIMENSIONADO DE ESTRUCTURAS DE MADERA

Para el uso de la madera como material estructural, deben considerarse ciertas variables para su elección:

- Disponibilidad en el sitio.
- Uso de maderas con criterios ecológicos.
- Criterios Estéticos o de Diseño Arquitectónico (tamaño, color, terminación, etc.).
- Forma: rectangular, circular, placa, compuesta, etc..
- Tipo de madera: Aserrada o Laminada.

Para encontrar las dimensiones (ancho y alto), deben considerarse ciertas variables para su elección:

- El Diseño Arquitectónico lo permita.
- La Resistencia de la sección sea suficiente para soportar las solicitaciones generadas por las cargas.
- La deformación máxima permitida para el elemento, que no comprometa el uso o la seguridad.

# MADERA – PREDIMENSIONADO

En definitiva, en el Análisis Estructural, se deben **determinar** cuales son las dimensiones que se necesitan en las distintas partes que componen una Estructura, o **verificar** las dimensiones predeterminadas:

Sistema Estático	Denominación	Pendiente Adecuada	Luces Normales	Altura de los elementos
	Viga recta de altura constante	0	10 - 30	$h = 1/17.l$
	Viga continua de altura constante	0	10 - 25	$h = 1/20.l$
	Viga peraltada con extremo de altura variable o constante	3 - 15	10 - 30	$h_1 = 1/16.l$ $h_2 = 1/30.l$
	Viga reticulada con elementos multilaminados	0	30 - 60	$h = 1/13.l$
	Viga cantilever	0 - 10	5 - 15	$h = 1/10.l$
	Pórtico en V invertida triangulada	>12	15 - 50	$h = 1/18.l$ bis $1/20.l$
	Arco bi o triangulado	$F > 0,135L$	20 - 100	$h = 1/50.l$
	Pórtico triangulado	0 - 60	15 - 60	$h = 1/18.(S_o + S_u)$ bis $1/20.(S_o + S_u)$
	Pórtico de luces variables	0 - 15	10 - 25	$h = 1/20.l$
	Arco carpanel triangulado	5 - 10	20 - 60	$h = 1/40.l$

	ALMA LLENA	$h = \frac{L}{17}$	Voladizo $h = \frac{L}{8}$
	ALMA RETICULADA	$h = \frac{L}{16}$	
	LAMINADA	$h = \frac{L}{20}$	
	DOBLE T		

<http://www.valeriooliva.com/productos/vigas-laminadas>

# MADERA – COMBINACIÓN DE ACCIONES.

## Combinación de Cargas para el Estado Límite de Servicio (E.L.S.):

Para **Estructuras de Madera**, se utilizarán las combinaciones indicadas en dicho Código (CIRSOC 601-2016).

$$(D + F) + (\Sigma L_i \text{ ó } W \text{ ó } T) \quad (\text{A-L.1.1})$$

$$(D + F) + 0,7 [(\Sigma L_i + W) \text{ ó } (W + T) \text{ ó } (\Sigma L_i + T)] \quad (\text{A-L.1.2})$$

$$(D + F) + 0,6 \Sigma L_i + 0,6 W + 0,6 T \quad (\text{A-L.1.3})$$

$$\Sigma L_i = [L + H + (L_r \text{ o } S \text{ o } R)]$$

<http://www.valeriooliva.com/productos/vigas-laminadas>

# MADERA – RESUMEN: PROCESO DE DISEÑO

