



Estructuras de madera

7.1. Flexión simple y tracción-compresión paralela a la fibra

1. ELU - Valores de cálculo

2. ELU - Tensiones paralelas a la fibra

3. Ejemplo: vigueta de forjado

3.1. Acciones

3.2. Combinación de acciones

3.3. Esfuerzos

3.4. Verificación

Estructuras de madera

7.1. Flexión simple y
tracción-compresión
paralela a la fibra

VALORES DE CÁLCULO: EUROCÓDIGO 5

DE LAS TENSIONES (σ)

Debidas a los esfuerzos a los que está sometida la estructura



DE LAS RESISTENCIAS (f)

Debidas a la resistencia del propio material (madera)

VALORES DE CÁLCULO: EUROCÓDIGO 5

DE LAS TENSIONES (σ)

Debidas a los esfuerzos a los que está sometida la estructura



DE LAS RESISTENCIAS (f)

Debidas a la resistencia del propio material (madera)

En general:

Solicitaciones: se obtienen de un **modelo analítico o numérico** de la estructura, utilizando las **combinaciones en ELU** (en situación persistente, transitoria o accidental, según corresponda).

Tensiones: se calculan conociendo las **solicitaciones**, la **geometría** de los elementos, y aplicando la **teoría de Resistencia de materiales**.

VALORES DE CÁLCULO: EUROCÓDIGO 5

DE LAS TENSIONES (σ)

Debidas a los esfuerzos a los que está sometida la estructura



DE LAS RESISTENCIAS (f)

Debidas a la resistencia del propio material (madera)



FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA

Calidad de la madera

Contenido de humedad

Clase de servicio

Duración carga

Tamaño de la pieza

Carga compartida

$\approx 12\%$

VALORES DE CÁLCULO: EUROCÓDIGO 5

DE LAS TENSIONES (σ)

Debidas a los esfuerzos a los que está sometida la estructura



DE LAS RESISTENCIAS (f)

Debidas a la resistencia del propio material (madera)

$$X_d = k_{mod} \cdot (X_k \cdot k_h / \gamma_M) \cdot k_{sys} \quad (\text{ec.2.14})$$

X_d : valor de cálculo de la propiedad resistente

X_k : valor característico de la propiedad resistente

γ_M : coeficiente parcial para la propiedad del material

K_{mod} : factor de modificación que tiene en cuenta el efecto de la duración de la carga y del contenido de humedad

K_h : coeficiente de altura

K_{sys} : coeficiente de carga compartida

VALORES DE CÁLCULO: EUROCÓDIGO 5

DE LAS TENSIONES (σ)



DE LAS RESISTENCIAS (f)

Debidas a los esfuerzos a los que está sometida la estructura

Debidas a la resistencia del propio material (madera)

$$X_d = k_{mod} \cdot (X_k \cdot k_h / \gamma_M) \cdot k_{sys}$$

Tabla 1 – Clases resistentes. Valores característicos

		Coníferas y chopo											Frondosas								
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D18	D24	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Propiedades de resistencia (en N/mm ²)																					
Flexión	f_{mk}	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	18	24	30	35	40	50	60	70
Tracción paralela a la fibra	$f_{t,0k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	11	14	18	21	24	30	36	42
Tracción perpendicular a la fibra	$f_{t,90k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Compresión paralela a la fibra	$f_{c,0k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	18	21	23	25	26	29	32	34
Compresión perpendicular a la fibra	$f_{c,90k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	7,5	7,8	8,0	8,1	8,3	9,3	10,5	13,5
Cortante	f_{vk}	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,0
Propiedades de rigidez (en kN/mm ²)																					
Módulo de elasticidad medio paralelo a la fibra	$E_{0,medio}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	9,5	10	11	12	13	14	17	20
Módulo de elasticidad paralelo a la fibra (5% percentil)	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8	8,5	9,2	10,1	10,9	11,8	14,3	16,8
Módulo de elasticidad medio perpendicular a la fibra	$E_{90,medio}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,63	0,67	0,73	0,80	0,86	0,93	1,13	1,33
Módulo medio de cortante	G_{medio}	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,59	0,62	0,69	0,75	0,81	0,88	1,06	1,25
Densidad (en kg/m ³)																					
Densidad	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	475	485	530	540	550	620	700	900
Densidad media	ρ_{medio}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	570	580	640	650	660	750	840	1080

Calidad de la madera

NOTA 1 Los valores dados en esta tabla para la resistencia a tracción, resistencia a compresión, resistencia a cortante, 5% percentil del módulo de elasticidad, módulo de elasticidad medio perpendicular a la fibra y módulo de cortante se han calculado utilizando las ecuaciones dadas en el anexo A.

NOTA 2 Las propiedades relacionadas en esta tabla son aplicables a la madera que presente un contenido de humedad que corresponde a una temperatura de 20 °C y una humedad relativa del 65%.

NOTA 3 Es probable que la madera perteneciente a las clases C45 y C50 no esté fácilmente disponible.

NOTA 4 Los valores característicos de resistencia a cortante son para madera sin firmas, de acuerdo a la Norma EN 408. El efecto de las firmas debería tenerse en cuenta en las normas de diseño.

VALORES DE CÁLCULO: EUROCÓDIGO 5

DE LAS TENSIONES (σ)

Debidas a los esfuerzos a los que está sometida la estructura



DE LAS RESISTENCIAS (f)

Debidas a la resistencia del propio material (madera)

$$X_d = k_{mod} \cdot (X_k \cdot k_h / Y_M) \cdot k_{sys}$$

Table 2.3 – Recommended partial factors γ_M for material properties and resistances

Fundamental combinations:	
Solid timber	1,3
Glued laminated timber	1,25
LVL, plywood, OSB,	1,2
Particleboards	1,3
Fibreboards, hard	1,3
Fibreboards, medium	1,3
Fibreboards, MDF	1,3
Fibreboards, soft	1,3
Connections	1,3
Punched metal plate fasteners	1,25
Accidental combinations	1,0

VALORES DE CÁLCULO: EUROCÓDIGO 5

DE LAS TENSIONES (σ)



DE LAS RESISTENCIAS (f)

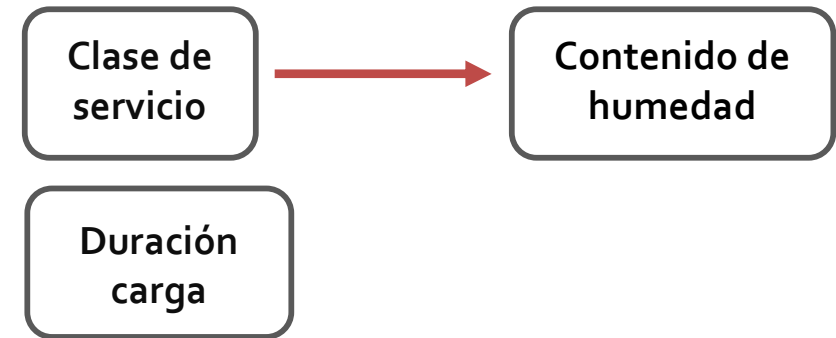
Debidas a los esfuerzos a los que está sometida la estructura

Debidas a la resistencia del propio material (madera)

Table 3.1 – Values of k_{mod}

Material	Standard	Service class	Load-duration class				
			Permanent action	Long term action	Medium term action	Short term action	Instantaneous action
Solid timber	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Glued laminated timber	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
LVL	EN 14374, EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Plywood	EN 636 Part 1, Part 2, Part 3 Part 2, Part 3 Part 3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
OSB	EN 300 OSB/2 OSB/3, OSB/4 OSB/3, OSB/4	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Particle-board	EN 312 Part 4, Part 5 Part 5 Part 6, Part 7 Part 7	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Fibreboard, hard	EN 622-2 HB.LA, HB.HLA 1 or 2 HB.HLA1 or 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Fibreboard, medium	EN 622-3 MBH.LA1 or 2 MBH.HLS1 or 2 MBH.HLS1 or 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	–	–	–	0,45	0,80
Fibreboard, MDF	EN 622-5 MDF.LA, MDF.HLS MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	–	–	–	0,45	0,80

$$X_d = k_{mod} \cdot (X_k \cdot k_h / \gamma_M) \cdot k_{sys}$$



VALORES DE CÁLCULO: EUROCÓDIGO 5

DE LAS TENSIONES (σ)

Debidas a los esfuerzos a los que está sometida la estructura

Table 2.1 – Load-duration classes

Load-duration class	Order of accumulated duration of characteristic load
Permanent	more than 10 years
Long-term	6 months – 10 years
Medium-term	1 week – 6 months
Short-term	less than one week
Instantaneous	

Table 2.2 – Examples of load-duration assignment

Load-duration class	Examples of loading
Permanent	self-weight
Long-term	storage
Medium-term	imposed floor load, snow
Short-term	snow, wind
Instantaneous	wind, accidental load



DE LAS RESISTENCIAS (f)

Debidas a la resistencia del propio material (madera)

$$X_d = k_{mod} \cdot (X_k \cdot k_h / \gamma_M) \cdot k_{sys}$$

Duración
carga

VALORES DE CÁLCULO: EUROCÓDIGO 5

DE LAS TENSIONES (σ)

Debidas a los esfuerzos a los que está sometida la estructura

Tamaño de la pieza

Flexión

Tracción paralela a la fibra



DE LAS RESISTENCIAS (f)

Debidas a la resistencia del propio material (madera)

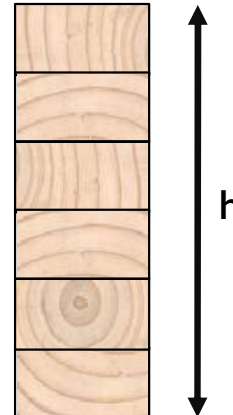
$$X_d = k_{\text{mod}} \cdot (X_k \cdot k_h / \gamma_M) \cdot k_{\text{sys}}$$

MADERA ASERRADA



$$h < 150 \text{ mm: } k_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2} \\ 1,3 \end{array} \right.$$
$$h \geq 150 \text{ mm: } k_h = 1$$

MADERA LAMINADA ENCOLADA



$$h < 600 \text{ mm: } k_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{600}{h} \right)^{0,1} \\ 1,1 \end{array} \right.$$
$$h \geq 600 \text{ mm: } k_h = 1$$

VALORES DE CÁLCULO: EUROCÓDIGO 5

DE LAS TENSIONES (σ)

Debidas a los esfuerzos a los que está sometida la estructura



DE LAS RESISTENCIAS (f)

Debidas a la resistencia del propio material (madera)

$$X_d = k_{\text{mod}} \cdot (X_k \cdot k_h / \gamma_M) \cdot k_{\text{sys}}$$

Carga no compartida: $K_{\text{sys}}=1$

Carga compartida: $K_{\text{sys}}=1 \cdot 1$:

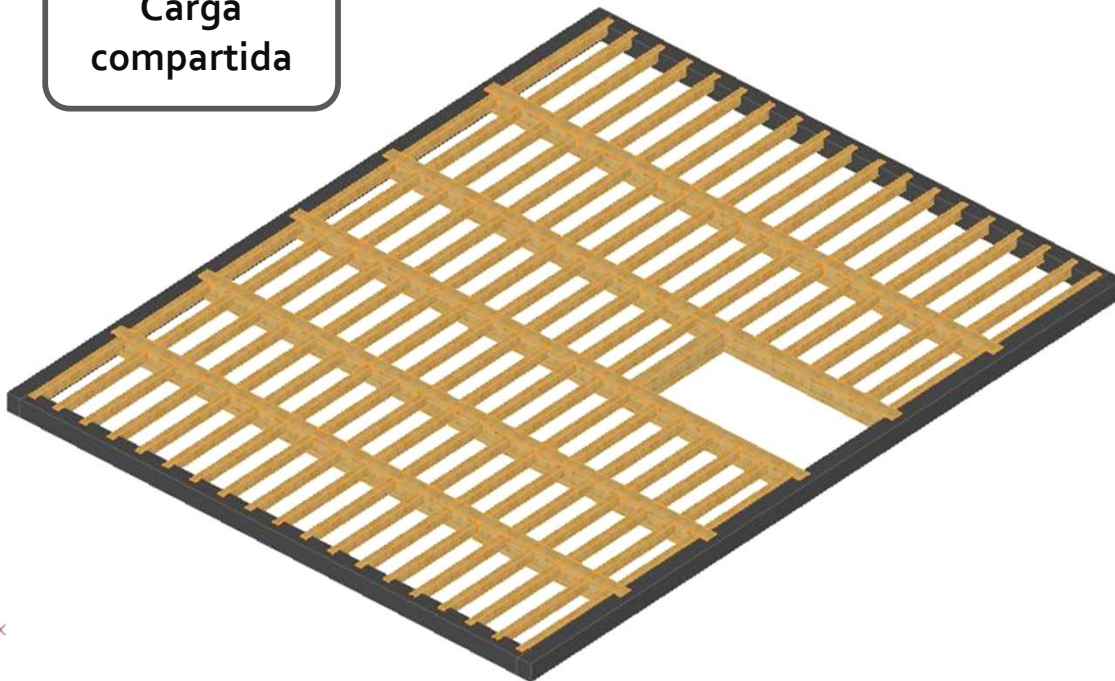
Viguetas de forjado: luz < 6m

Correas en cubiertas planas: luz < 6m

Cerchas de cubierta: luz < 12m y separación entre ejes < 1.2m

Montantes de muros entramados: altura < 4m

Carga compartida



Los sistemas de distribución de la carga son los tableros o entablados y deben de ser calculados para:

- Resistir las cargas permanentes y variables
- Cada elemento de distribución debe de ser continuo en un mínimo de 2 vanos y las juntas deben de quedar contrapeadas

VALORES DE CÁLCULO: EUROCÓDIGO 5

DE LAS TENSIONES (σ)

Debidas a los esfuerzos a los que está sometida la estructura

Carga compartida

Placas o losas de forjado de madera laminada



DE LAS RESISTENCIAS (f)

Debidas a la resistencia del propio material (madera)

$$X_d = k_{\text{mod}} \cdot (X_k \cdot k_h / \gamma_M) \cdot k_{\text{sys}}$$

Carga no compartida: $k_{\text{sys}}=1$

Carga compartida:

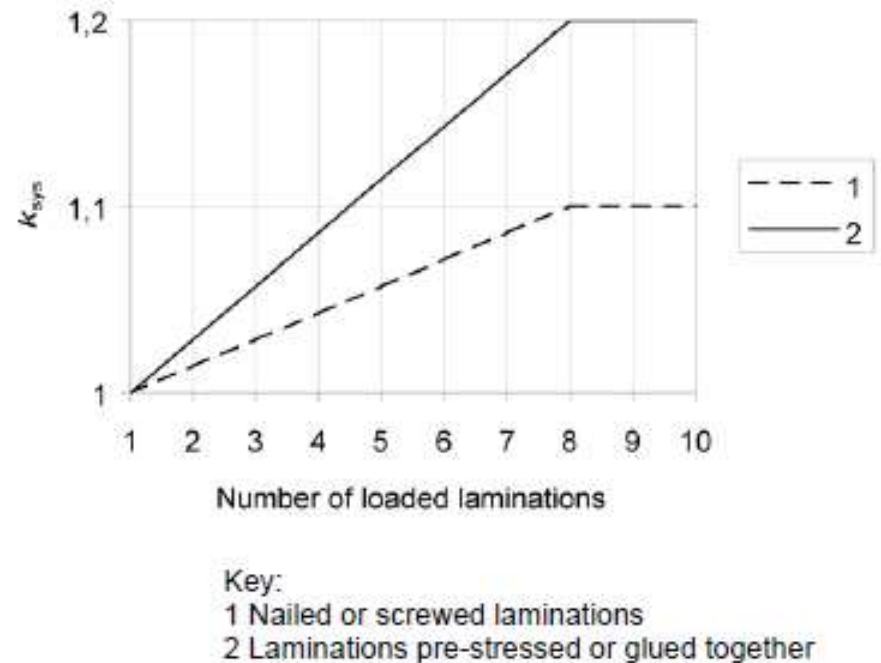


Figure 6.12 – System strength factor k_{sys} for laminated deck plates of solid timber or glued laminated members

VALORES DE CÁLCULO: EUROCÓDIGO 5

DE LAS TENSIONES (σ)

Debidas a los esfuerzos a los que está sometida la estructura



DE LAS RESISTENCIAS (f)

Debidas a la resistencia del propio material (madera)



FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA

Calidad de la madera

Contenido de humedad

Clase de servicio

Duración carga

Tamaño de la pieza

Carga compartida

$$X_d = k_{mod} \cdot (X_k \cdot k_h / \gamma_M) \cdot k_{sys}$$

1. ELU - Valores de cálculo

2. ELU - Tensiones paralelas a la fibra

3. Ejemplo: vigueta de forjado

3.1. Acciones

3.2. Combinación de acciones

3.3. Esfuerzos

3.4. Verificación

Estructuras de madera

7.1. Flexión simple y tracción-compresión paralela a la fibra

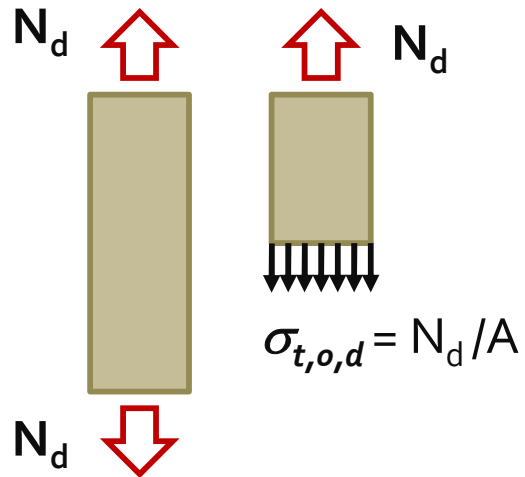
E.L.U. Cálculo de secciones sometidas a tensiones paralelas a la fibra

1. TRACCIÓN PARALELA A LA FIBRA

TENSION de cálculo ($\sigma_{t,o,d}$)

\leq

RESISTENCIA de cálculo ($f_{t,o,d}$)



$$f_{t,o,d} = k_{mod} \cdot (f_{t,o,k} \cdot k_h / \gamma_M) \cdot k_{sys}$$

N_d : esfuerzo axil

A: área de la sección (b·h)
(descontando taladros, muescas o rebajes, excepto orificios $\leq 6\text{mm}$)



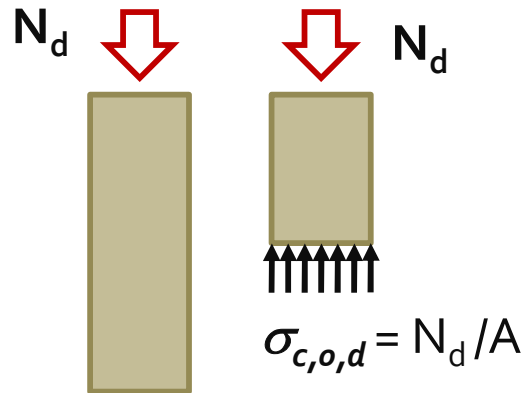
E.L.U. Cálculo de secciones sometidas a tensiones paralelas a la fibra

2. COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA

TENSION de cálculo ($\sigma_{c,o,d}$)

\leq

RESISTENCIA de cálculo ($f_{c,o,d}$)



N_d ↑

N_d : esfuerzo axial

A: área de la sección (b·h)
(descontando taladros, muescas o rebajes, excepto orificios $\leq 6\text{mm}$, agujeros dispuestos simétricamente en columnas para alojar pernos, agujeros en zona comprimida rellenos de material más rígido que la madera)

$$f_{c,o,d} = k_{\text{mod}} \cdot (f_{c,o,k} / \gamma_M) \cdot k_{\text{sys}}$$

OJO: esta comprobación no tiene en cuenta la posibilidad de pandeo de la pieza, por lo que queda limitada a piezas poco esbeltas o situaciones muy localizadas



E.L.U. Cálculo de secciones sometidas a tensiones paralelas a la fibra

3. FLEXIÓN SIMPLE

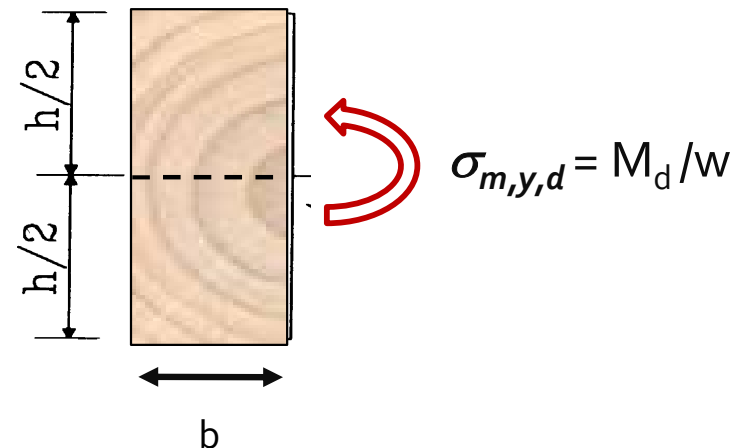
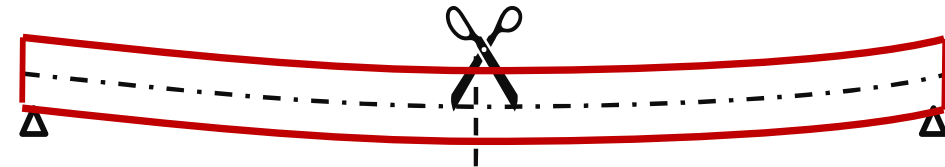
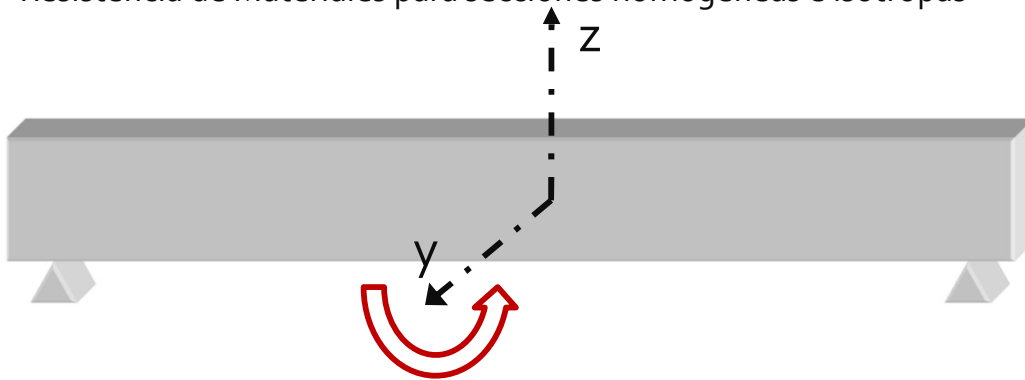
TENSION de cálculo ($\sigma_{m,y,d}$)



RESISTENCIA de cálculo ($f_{m,y,d}$)

Resistencia de Materiales para secciones homogéneas e isótropas

$$f_{m,y,d} = k_{\text{mod}} \cdot (f_{m,y,k} \cdot k_h / \gamma_M) \cdot k_{\text{sys}}$$



M_d : momento flector

w: módulo resistente, en piezas rectangulares: ($w = b \cdot h^2 / 6$)

1. ELU - Valores de cálculo
2. ELU - Tensiones paralelas a la fibra
- 3. Ejemplo: vigueta de forjado**
 - 3.1. Acciones
 - 3.2. Combinación de acciones
 - 3.3. Esfuerzos
 - 3.4. Verificación

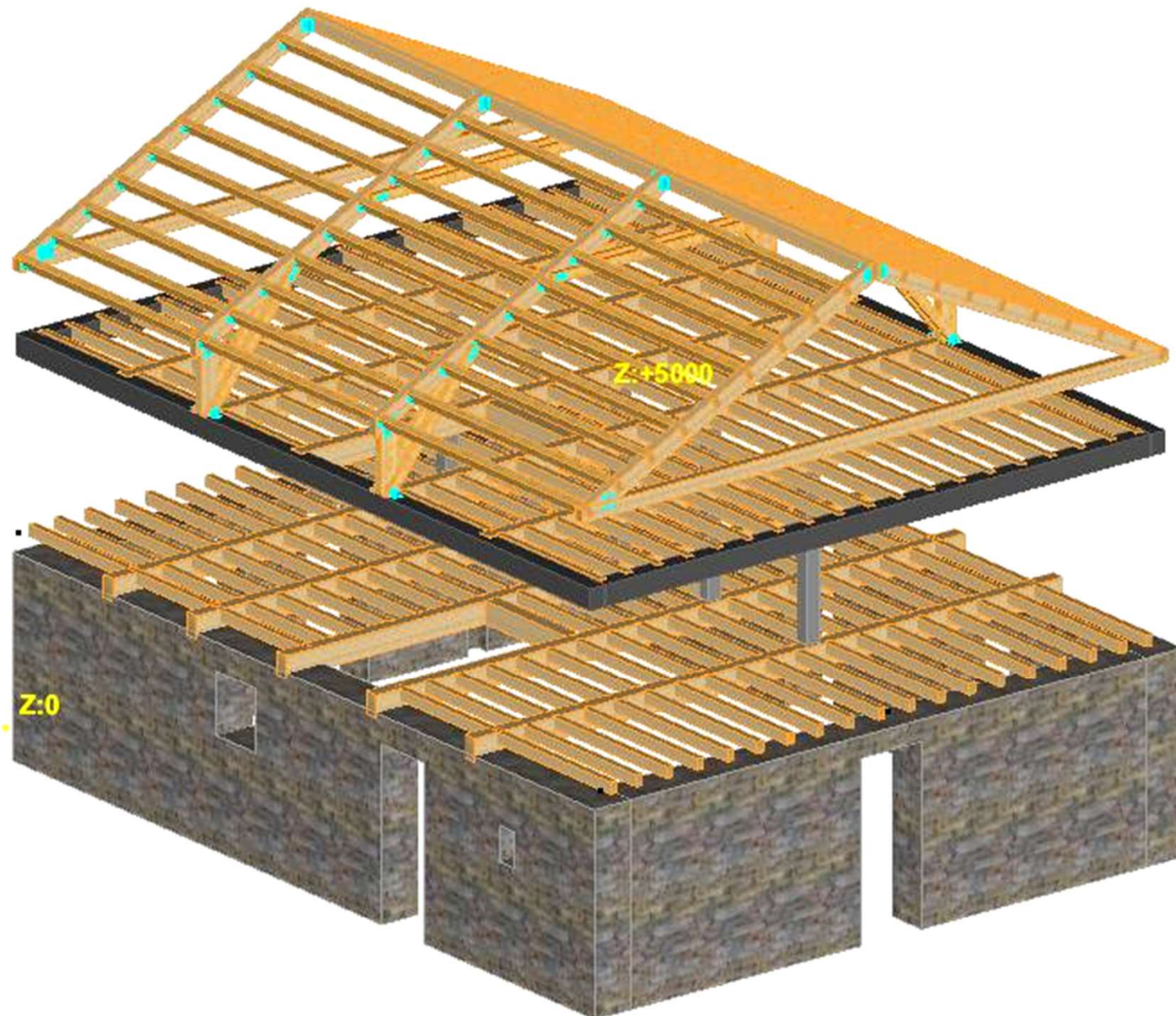
Estructuras de madera

7.1. Flexión simple y tracción-compresión paralela a la fibra

INTRODUCCIÓN: Ejemplo vigueta forjado



INTRODUCCIÓN: Ejemplo vigueta forjado



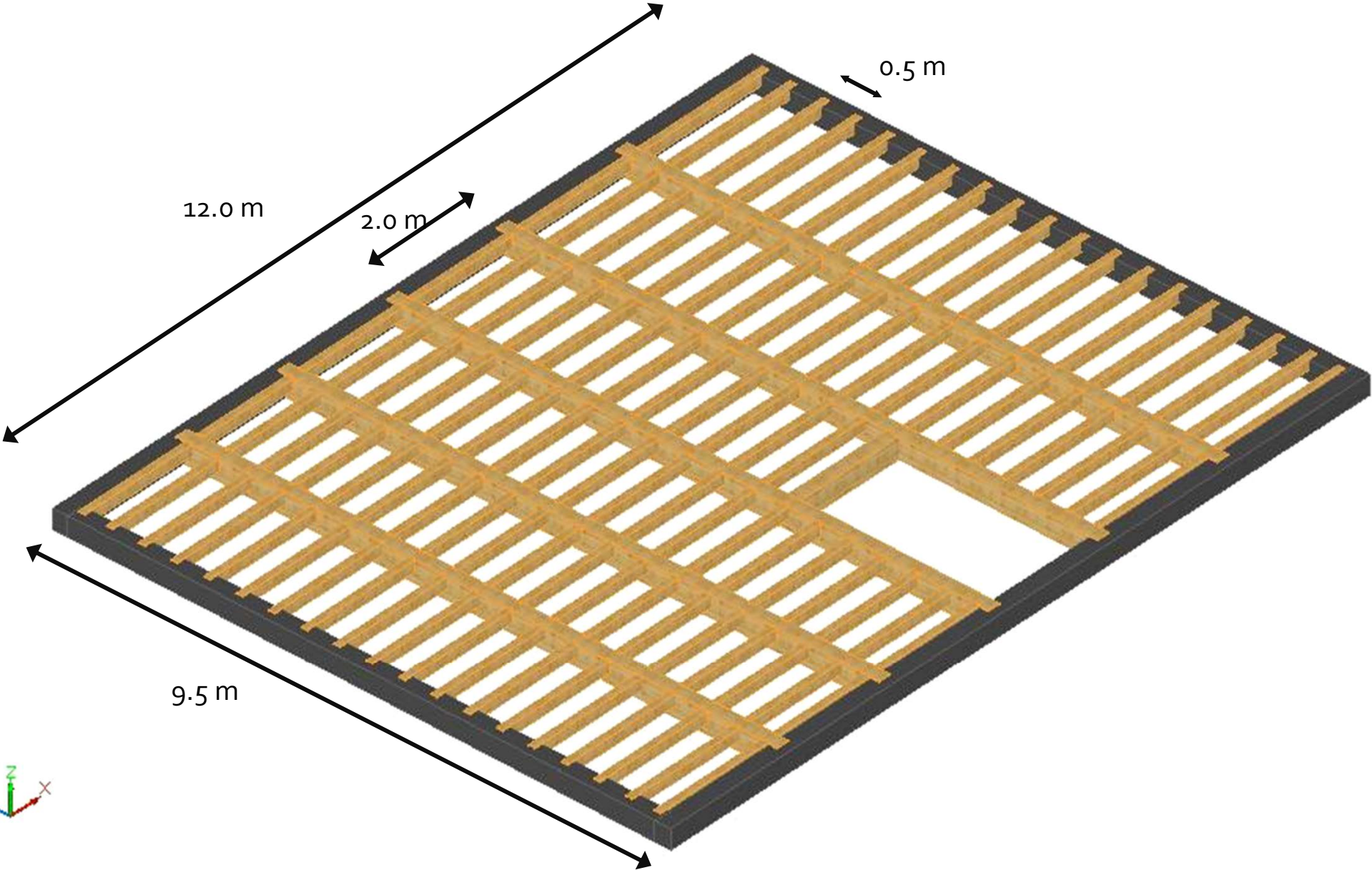
INTRODUCCIÓN: Ejemplo vigueta forjado



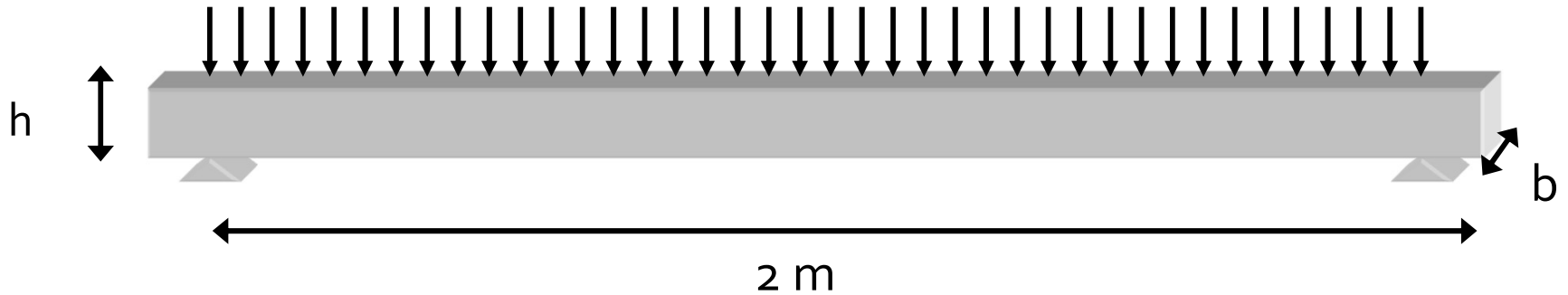
INTRODUCCIÓN: Ejemplo vigueta forjado



INTRODUCCIÓN: Ejemplo vigueta forjado



INTRODUCCIÓN: Ejemplo vigueta forjado



DATOS DE PARTIDA

LUZ

2 m

ANCHO PAÑO

0.5 m

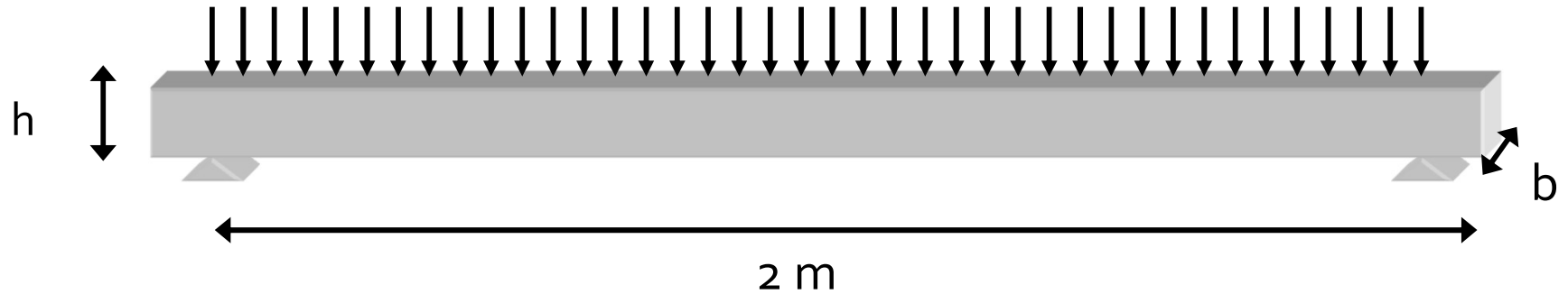
DISTANCIA ENTRE PUNTOS ARIOSTRADOS

2 m

CLASE DE SERVICIO

1

INTRODUCCIÓN: Ejemplo vigueta forjado



DATOS DE PARTIDA

LUZ

2 m

ANCHO PAÑO

0.5 m

DISTANCIA ENTRE PUNTOS ARIOSTRADOS

2 m

CLASE DE SERVICIO

1

TIPO DE MADERA

ESPECIE

E.grandis

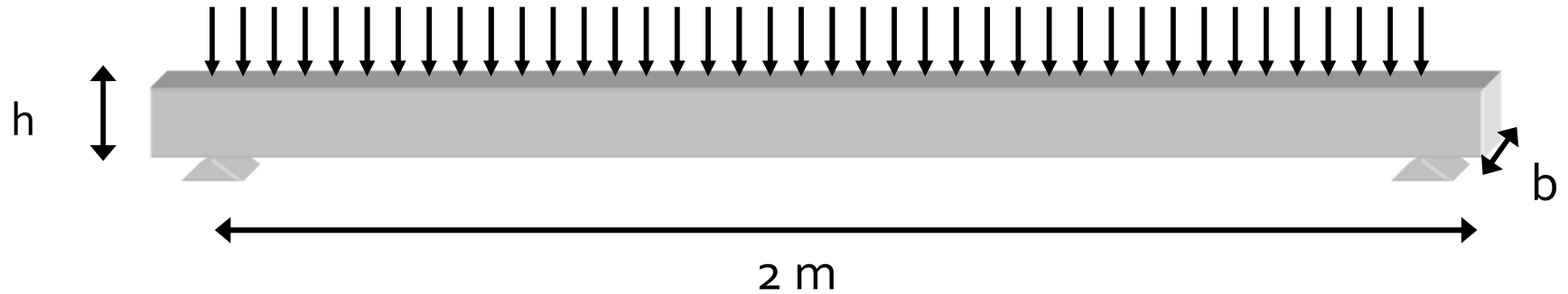
TIPO DE MADERA

ASERRADA

TRATAMIENTO PROTECTOR

SUPERFICIAL

INTRODUCCIÓN: Ejemplo vigueta forjado



DATOS DE PARTIDA

LUZ	2 m
ANCHO PAÑO	0.5 m
DISTANCIA ENTRE PUNTOS ARIOSTRADOS	2 m
CLASE DE SERVICIO	1

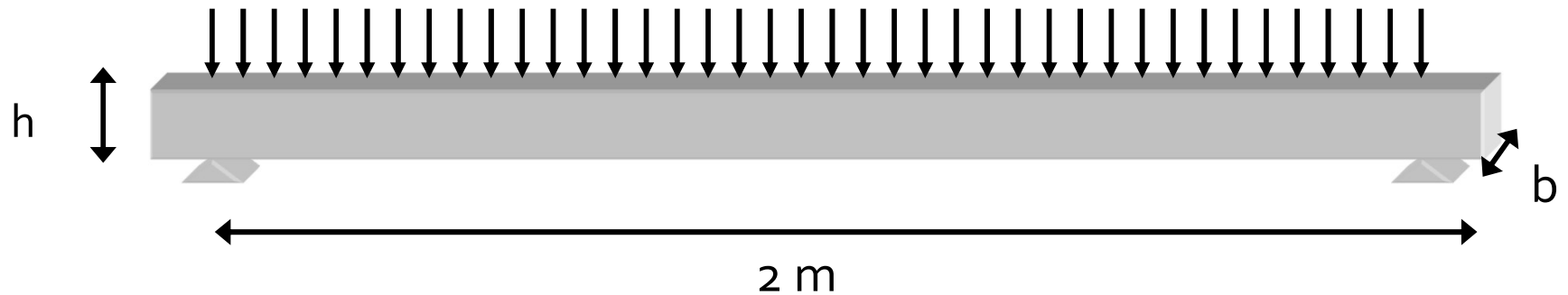
DEFINICIÓN DE LA MADERA

b	100 mm
h	160 mm
CLASE RESISTENTE	C20

TIPO DE MADERA

ESPECIE	<i>E.grandis</i>
TIPO DE MADERA	ASERRADA
TRATAMIENTO PROTECTOR	SUPERFICIAL

INTRODUCCIÓN: Ejemplo vigueta forjado



DATOS DE PARTIDA

LUZ	2 m
ANCHO PAÑO	0.5 m
DISTANCIA ENTRE PUNTOS ARIOSTRADOS	2 m
CLASE DE SERVICIO	1

DEFINICIÓN DE LA MADERA

b	100 mm
h	160 mm
CLASE RESISTENTE	C20

TIPO DE MADERA

ESPECIE	<i>E.grandis</i>
TIPO DE MADERA	ASERRADA
TRATAMIENTO PROTECTOR	SUPERFICIAL

OTROS DATOS

CLASE DE USO	1
CARGA COMPARTIDA	SI
CONTRAFLECHA FABRICACIÓN	NO

INTRODUCCIÓN: Ejemplo vigueta forjado

Tabla 1 – Clases resistentes. Valores característicos

		Coníferas y chopo											Frondosas								
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D18	D24	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Propiedades de resistencia (en N/mm ²)																					
Flexión	f_{mk}	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	18	24	30	35	40	50	60	70
Tracción paralela a la fibra	$f_{t,0k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	11	14	18	21	24	30	36	42
Tracción perpendicular a la fibra	$f_{t,90k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Compresión paralela a la fibra	$f_{c,0k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	18	21	23	25	26	29	32	34
Compresión perpendicular a la fibra	$f_{c,90k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	7,5	7,8	8,0	8,1	8,3	9,3	10,5	13,5
Cortante	f_{vk}	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,0
Propiedades de rigidez (en kN/mm ²)																					
Módulo de elasticidad medio paralelo a la fibra	$E_{0,medio}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	9,5	10	11	12	13	14	17	20
Módulo de elasticidad paralelo a la fibra (5% percentil)	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8	8,5	9,2	10,1	10,9	11,8	14,3	16,8
Módulo de elasticidad medio perpendicular a la fibra	$E_{90,medio}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,63	0,67	0,73	0,80	0,86	0,93	1,13	1,33
Módulo medio de cortante	G_{medio}	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,59	0,62	0,69	0,75	0,81	0,88	1,06	1,25
Densidad (en kg/m ³)																					
Densidad	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	475	485	530	540	550	620	700	900
Densidad media	ρ_{medio}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	570	580	640	650	660	750	840	1080

NOTA 1 Los valores dados en esta tabla para la resistencia a tracción, resistencia a compresión, resistencia a cortante, 5% percentil del módulo de elasticidad, módulo de elasticidad medio perpendicular a la fibra y módulo de cortante se han calculado utilizando las ecuaciones dadas en el anexo A.

NOTA 2 Las propiedades relacionadas en esta tabla son aplicables a la madera que presente un contenido de humedad que corresponde a una temperatura de 20 °C y una humedad relativa del 65%.

NOTA 3 Es probable que la madera perteneciente a las clases C45 y C50 no esté fácilmente disponible.

NOTA 4 Los valores característicos de resistencia a cortante son para madera sin firmas, de acuerdo a la Norma EN 408. El efecto de las firmas debería tenerse en cuenta en las normas de diseño.

1. ELU - Valores de cálculo
2. ELU - Tensiones paralelas a la fibra
3. Ejemplo: vigueta de forjado

3.1. Acciones

3.2. Combinación de acciones

3.3. Esfuerzos

3.4. Verificación

Estructuras de madera

7.1. Flexión simple y tracción-compresión paralela a la fibra

ACCIONES

Tabla 1 -

		Coníferas y chopo																			
		C14	C16	C18	C20	C22															
Propiedades de resistencia (en N/mm ²)																					
Flexión	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22															
Tracción paralela a la fibra	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13															
Tracción perpendicular a la fibra	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4															
Compresión paralela a la fibra	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20															
Compresión perpendicular a la fibra	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4															
Cortante	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8															
Propiedades de rigidez (en kN/mm ²)																					
Módulo de elasticidad medio paralelo a la fibra	$E_{0,medio}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	9,5	10	11	12	13	14	17	20
Módulo de elasticidad paralelo a la fibra (5% percentil)	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8	8,5	9,2	10,1	10,9	11,8	14,3	16,8
Módulo de elasticidad medio perpendicular a la fibra	$E_{90,medio}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,63	0,67	0,73	0,80	0,86	0,93	1,13	1,33
Módulo medio de cortante	G_{medio}	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,59	0,62	0,69	0,75	0,81	0,88	1,06	1,25
Densidad (en kg/m ³)																					
Densidad	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	475	485	530	540	550	620	700	900
Densidad media	ρ_{medio}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	570	580	640	650	660	750	840	1080

UNIT 1262:2018

[- Valores característicos de las propiedades de la madera estructural de eucalyptus grandis clasificada visualmente como EF1

Propiedad	Valor característico EF1
Resistencia característica a flexión (5º percentil), $f_{m,k}$ (MPa)	21,4
Módulo de elasticidad medio paralelo a la fibra, $E_{0,mean}$ (MPa)	11960
Densidad media, ρ_{mean} (kg/m ³)	519
Densidad característica (5º percentil), ρ_k (kg/m ³)	386

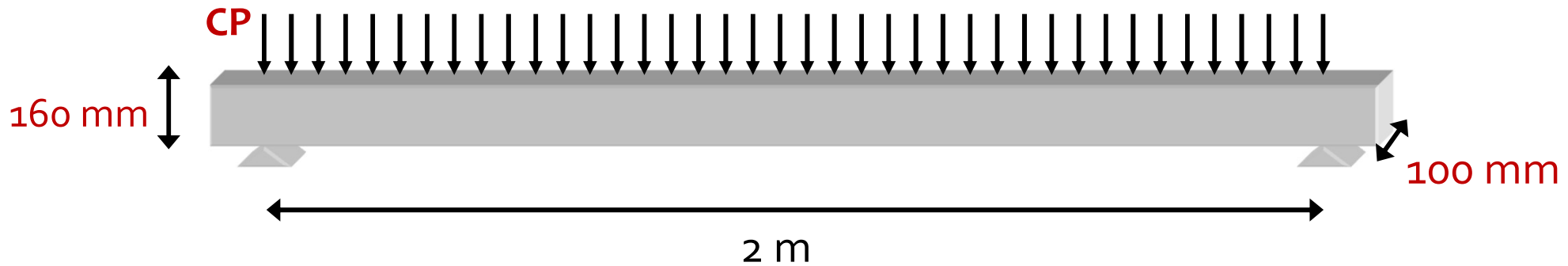
NOTA 1 Los valores dados en esta tabla para la resistencia a tracción, resistencia a compresión, resistencia a cortante, 5% percentil del módulo de elasticidad, módulo de elasticidad medio perpendicular a la fibra y módulo de cortante se han calculado utilizando las ecuaciones dadas en el anexo A.

NOTA 2 Las propiedades relacionadas en esta tabla son aplicables a la madera que presente un contenido de humedad que corresponde a una temperatura de 20 °C y una humedad relativa del 65%.

NOTA 3 Es probable que la madera perteneciente a las clases C45 y C50 no esté fácilmente disponible.

NOTA 4 Los valores característicos de resistencia a cortante son para madera sin firmas, de acuerdo a la Norma EN 408. El efecto de las firmas debería tenerse en cuenta en las normas de diseño.

ACCIONES



SOLICITACIONES

CARGAS PERMANENTES:	Duración	q kN/m
Peso propio	Permanente	0,08

ANCHO PAÑO

0.5 m

DENSIDAD MEDIA UNIT 1262 (Kg/m³)

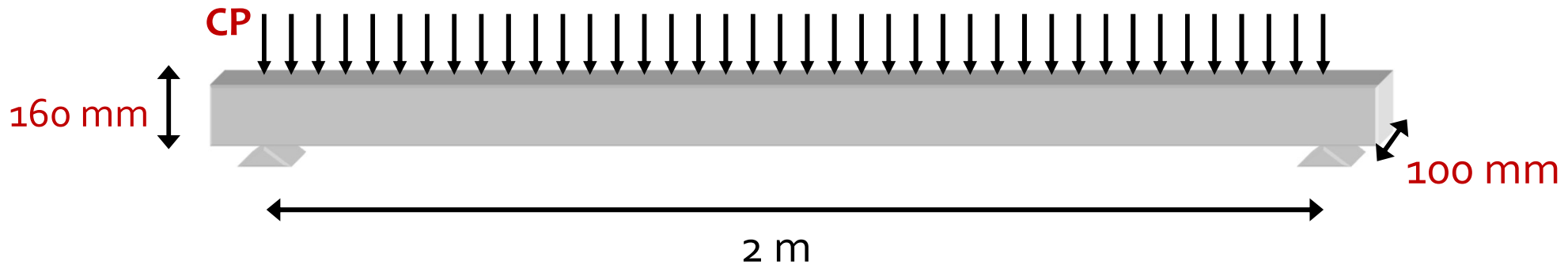
519

SOLICITACIONES

CARGAS PERMANENTES:	Duración	kN/m ²	q kN/m
Peso propio	Permanente		
Carga permanente	Permanente		
		Σ (CP)	



ACCIONES



SOLICITACIONES

CARGAS PERMANENTES:	Duración	kN/m ²	q kN/m
Peso propio	Permanente		0,08
Carga permanente	Permanente	0,20	0,10
		Σ (CP)	0,18



DENOMINACIÓN	PESO Kgr/m ²
CAXH/10-40-16	16,70
CAXH/10-50-16	17,00
CAXH/10-60-16	17,40
CAXH/10-80-16	18,10
DIMENSIONES mm.	
LARGO x ANCHO x GRUESO	
2400 x 550 x 66 ó 3000 x 550 x 66	
2400 x 550 x 76 ó 3000 x 550 x 76	
2400 x 550 x 86 ó 3000 x 550 x 86	
2400 x 550 x 106 ó 3000 x 550 x 106	

NORMA PARA

CARGAS A UTILIZAR EN EL PROYECTO DE EDIFICIOS

4.2.1 Edificios de vivienda

Azoteas y terrazas donde pueden congregarse personas con fines de recreación u observación	3,00 kN /m ²
Azoteas accesibles	1,50 "
Baños	1,50 "
Balcones:	
carga distribuida	3,00 "
carga vertical aplicada en el borde	1,00 kN /m
Cocinas	1,50 kN /m ²
Comedores y lugares de estar:	
con dimensión mínima menor o igual que 5 m	1,50 "
con dimensión mínima mayor que 5 m	2,00 "
Dormitorios	1,50 "
Escaleras, medidas en proyección horizontal	3,00 "
Rellanos y corredores	3,00 "
Barandillas de escaleras y balcones:	
esfuerzo horizontal dirigido al exterior, aplicado al pasamano	1,00 kN /m

TÍTULO

Eurocódigo 1: Acciones en estructuras

Parte 1-1. Acciones generales

Pesos específicos, pesos propios, y sobrecargas de uso en edificios

Tabla 6.2
Sobrecargas de uso sobre suelos, balcones y escaleras en edificios

Categorías de zonas de carga	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]
Categoría A		
- Suelos	1,5 a <u>2,0</u>	<u>2,0</u> a 3,0
- Escaleras	<u>2,0</u> a 4,0	<u>2,0</u> a 4,0
- Balcones	<u>2,5</u> a 4,0	<u>2,0</u> a 3,0

Tabla 6.1
División de los usos por categorías

Categoría	Uso específico	Ejemplo
A	Zonas de actividades domésticas y residenciales	Habitaciones en edificios residenciales y viviendas individuales; dormitorios y pasillos en hospitales; dormitorios en hoteles y cocinas y lavabos en hostales.

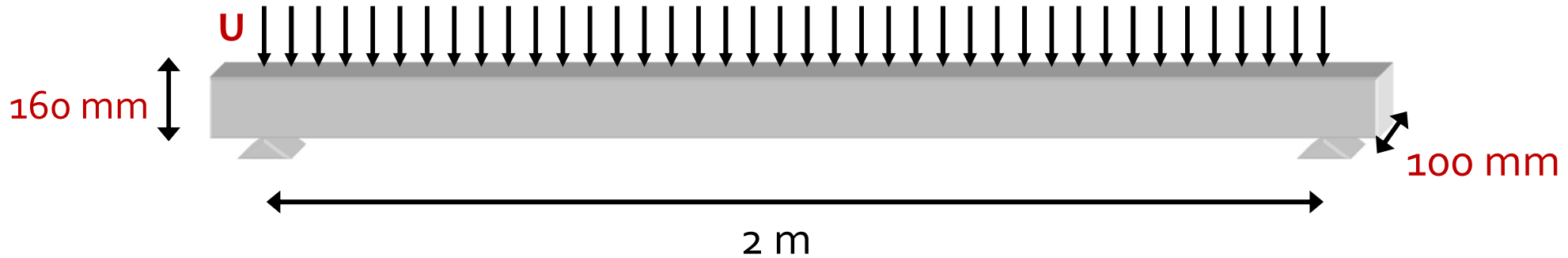
Documento Básico **SE-AE**

Seguridad Estructural Acciones en la edificación

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

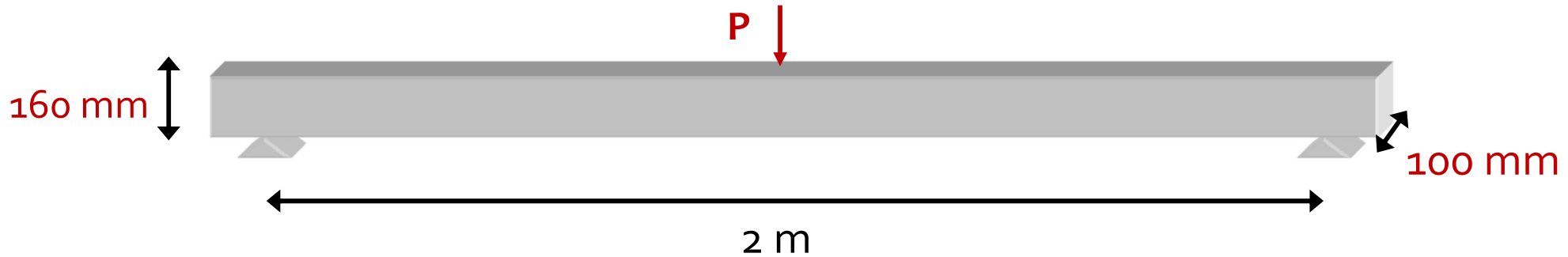
ACCIONES



SOLICITACIONES

CARGAS PERMANENTES:	Duración	kN/m ²	q kN/m
Peso propio	Permanente	0,17	0,08
Carga permanente 1	Permanente	0,20	0,10
CARGAS VARIABLES:		Σ (CP)	0,18
Sobrecarga uso uniforme (U)	Media	2,00	1,00

ACCIONES



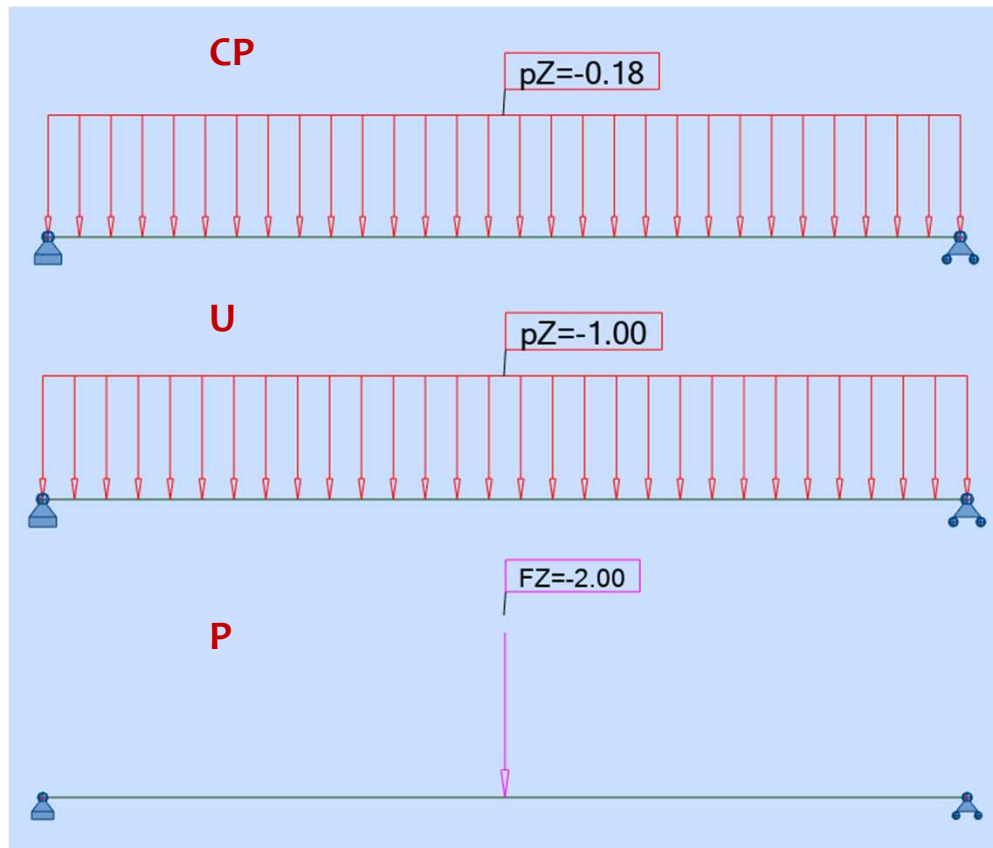
SOLICITACIONES

CARGAS PERMANENTES:	Duración	kN/m ²	q kN/m
Peso propio	Permanente	0,17	0,08
Carga permanente 1	Permanente	0,20	0,10
CARGAS VARIABLES:		Σ (CP)	0,18
Sobrecarga uso uniforme (U)	Media	2,00	1,00
Sobrecarga uso puntual (P)	Corta	2 kN	

ACCIONES

SOLICITACIONES

CARGAS PERMANENTES:	Duración	kN/m ²	q kN/m
Peso propio	Permanente	0,17	0,08
Carga permanente 1	Permanente	0,20	0,10
CARGAS VARIABLES:		Σ (CP)	0,18
Sobrecarga uso uniforme (U)	Media	2,00	1,00
Sobrecarga uso puntual (P)	Corta	2,00 kN	



1. ELU - Valores de cálculo
2. ELU - Tensiones paralelas a la fibra
3. Ejemplo: vigueta de forjado
 - 3.1. Acciones
 - 3.2. Combinación de acciones**
 - 3.3. Esfuerzos
 - 3.4. Verificación

Estructuras de madera

7.1. Flexión simple y tracción-compresión paralela a la fibra

COMBINACIÓN DE ACCIONES (CTE-SE)

ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS:

- Situaciones permanentes o transitorias:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Situaciones accidentales:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_P P_k + \gamma_A A_k + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Situaciones sísmicas:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_P P_k + \gamma_A A_{E,k} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

COMBINACIÓN DE ACCIONES (CTE-SE)

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Combinación 1. 1,35 CP

COMBINACIÓN DE ACCIONES (CTE-SE)

ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS:

- Situaciones permanentes o transitorias:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_{P,k} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Situaciones accidentales:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_P P_k + \gamma_A A_k + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Situaciones sísmicas:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_P P_k + \gamma_A A_{E,k} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

COMBINACIÓN DE ACCIONES (CTE-SE)

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

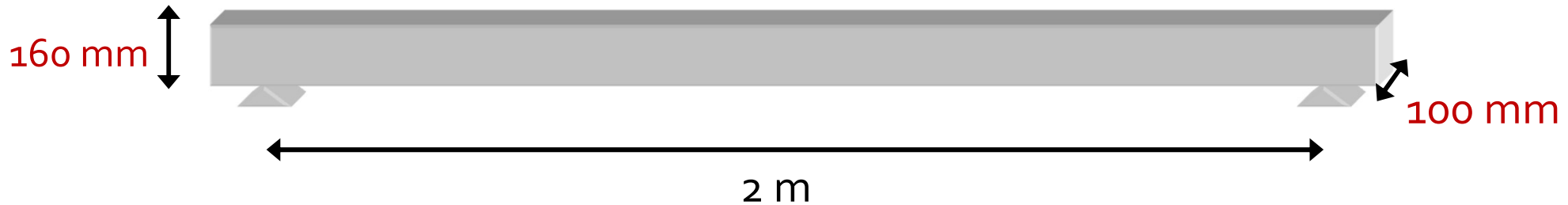
⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Combinación 1. 1,35 CP

Combinación 2. 1,35 CP + 1,5 U

Combinación 3. 1,35 CP + 1,5 P

COMBINACIÓN DE ACCIONES: Ejemplo vigueta forjado



COMBINACIONES DE ACCIONES

Combinación de cargas:	CP (0.18 kN/m)	U (1.0 kN/m)	P (2.0 kN)
Combinación 1 (CP)	1,35	0	0
Combinación 2 (CP+U)	1,35	1,5	0
Combinación 3 (CP+P)	1,35	0	1,5

1. ELU - Valores de cálculo
2. ELU - Tensiones paralelas a la fibra
3. Ejemplo: vigueta de forjado
 - 3.1. Acciones
 - 3.2. Combinación de acciones
 - 3.3. Esfuerzos**
 - 3.4. Verificación

Estructuras de madera

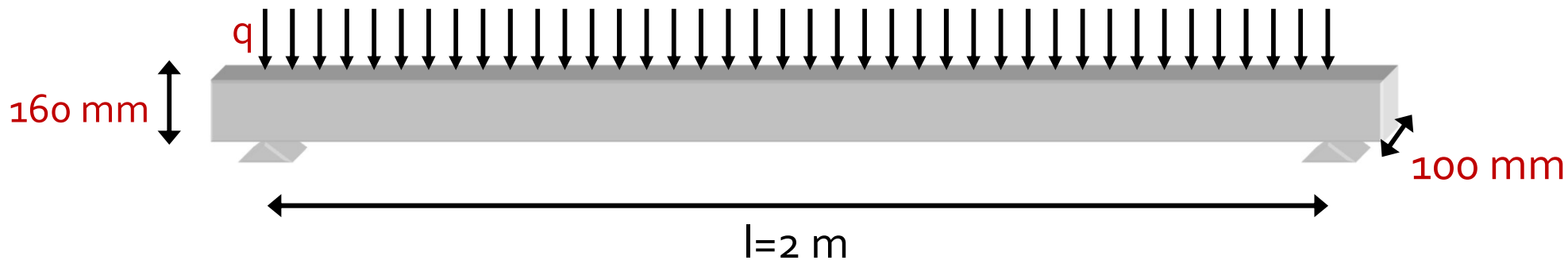
7.1. Flexión simple y tracción-compresión paralela a la fibra

ESFUERZOS: ejemplo vigueta forjado

HIPÓTESIS SIMPLES:

	Duración	q kN/m	P kN
Carga permanente + peso propio (CP)	Permanente	0.18	
Sobrecarga uso uniforme (U)	Media	1.00	
Sobrecarga uso puntual (P)	Corta		2.00

CÁLCULO ESFUERZOS PARA VIGA CON CARGA UNIFORME SOMETIDA A FLEXIÓN SIMPLE



Flector

Cortante

Carga uniforme

$$M_d = (q \cdot l^2) / 8$$

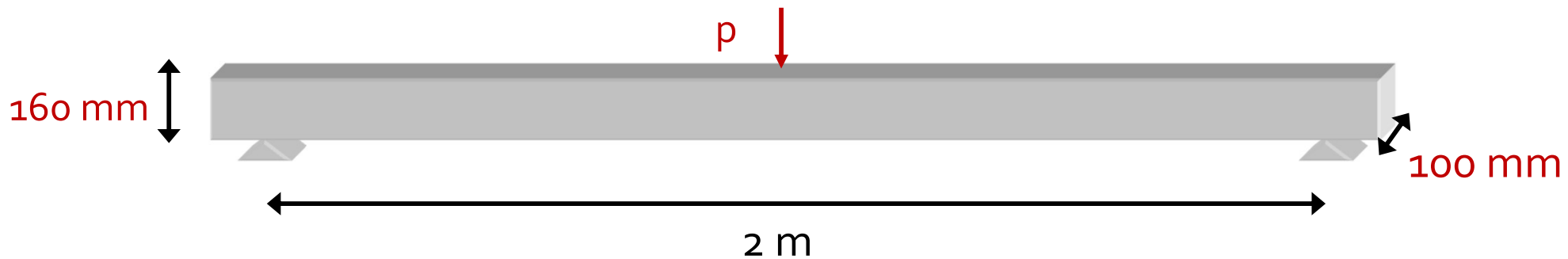
$$V_d = q \cdot l / 2$$

ESFUERZOS: ejemplo vigueta forjado

HIPÓTESIS SIMPLES:

	Duración	q kN/m	P kN
Carga permanente + peso propio (CP)	Permanente	0.18	
Sobrecarga uso uniforme (U)	Media	1.00	
Sobrecarga uso puntual (P)	Corta		2.00

CÁLCULO ESFUERZOS PARA VIGA CON CARGA PUNTUAL SOMETIDA A FLEXIÓN SIMPLE



Flector

Cortante

Carga uniforme

$$M_d = (q \cdot l^2) / 8$$

$$V_d = q \cdot l / 2$$

Carga puntual

$$M_d = (p \cdot l) / 4$$

$$V_d = p$$

ESFUERZOS: ejemplo vigueta forjado

HIPÓTESIS SIMPLES:

		q	p	Flector máx My (kN·mm)	Cortante máx Vy kN
	Duración	kN/m	kN		
Carga permanente + peso propio (CP)	Permanente	0.18		91,52	0.18
Sobrecarga uso uniforme (U)	Media	1.00		500,00	1.00
Sobrecarga uso puntual (P)	Corta		2.00	1000,00	1.00

Flector

Cortante

Carga uniforme

$$M_d = (q \cdot l^2) / 8$$

$$V_d = q \cdot l / 2$$

Carga puntual

$$M_d = (p \cdot l) / 4$$

$$V_d = p$$

ESFUERZOS: ejemplo vigueta forjado

HIPÓTESIS SIMPLES:

		q	p	Flector máx	Cortante máx
	Duración	kN/m	kN	$M_{y,d}$ (kN·mm)	$V_{y,d}$ kN
Carga permanente + peso propio (CP)	Permanente	0.18		91,52	0.18
Sobrecarga uso uniforme (U)	Media	1.00		500	1.00
Sobrecarga uso puntual (P)	Corta		2.00	1000	2.00

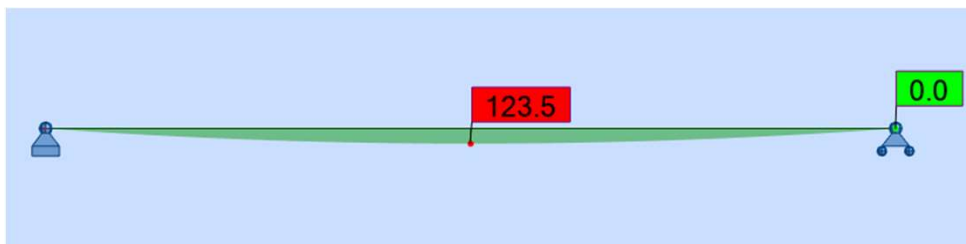
COMBINACIONES DE ACCIONES

Combinación de cargas:	CP	U	P
Combinación 1 (CP)	1,35	0	0

DIAGRAMAS DE ESFUERZOS Y VALOR MÁXIMO – COMBINACIÓN 1

FLECTOR: $M_{y,d} = 1.35 * 91.5 = 123.55 \text{ kN}\cdot\text{mm}$

CORTANTE: $V_{y,d} = 1.35 * 0.18 = 0.25 \text{ kN}$



ESFUERZOS: ejemplo vigueta forjado

HIPÓTESIS SIMPLES:

		q	p	Flector máx	Cortante máx
	Duración	kN/m	kN	$M_{y,d}$ (kN·mm)	$V_{y,d}$ kN
Carga permanente + peso propio (CP)	Permanente	0.18		91,52	0.18
Sobrecarga uso uniforme (U)	Media	1.00		500	1.00
Sobrecarga uso puntual (P)	Corta		2.00	1000	2.00

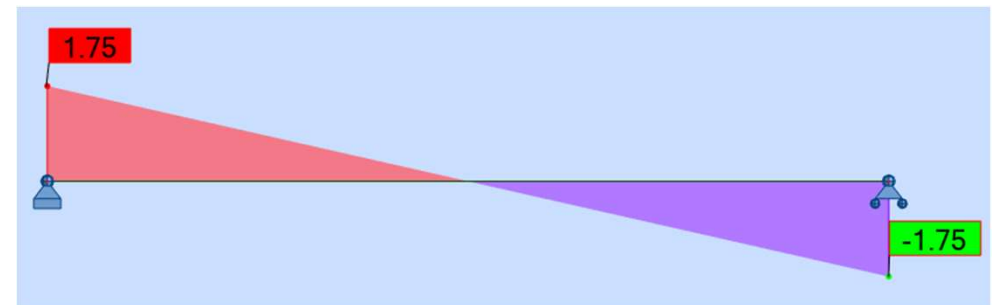
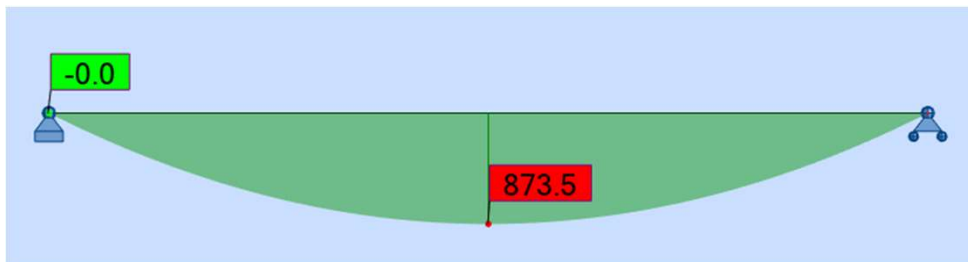
COMBINACIONES DE ACCIONES

Combinación de cargas:	CP	U	P
Combinación 1 (CP)	1,35	0	0
Combinación 2 (CP+U)	1,35	1,5	0

DIAGRAMAS DE ESFUERZOS Y VALOR MÁXIMO – COMBINACIÓN 2

FLECTOR: $M_{y,d} = 1.35 \cdot 91.52 + 1.5 \cdot 500 = 873.55 \text{ kN}\cdot\text{mm}$

CORTANTE: $V_{y,d} = 1.35 \cdot 0.18 + 1.5 \cdot 1.0 = 1.75 \text{ kN}$



ESFUERZOS: ejemplo vigueta forjado

HIPÓTESIS SIMPLES:

		q	p	Flector máx	Cortante máx
	Duración	kN/m	kN	$M_{y,d}$ (kN·mm)	$V_{y,d}$ kN
Carga permanente + peso propio (CP)	Permanente	0.18		91,52	0.18
Sobrecarga uso uniforme (U)	Media	1.00		500	1.00
Sobrecarga uso puntual (P)	Corta		2.00	1000	2.00

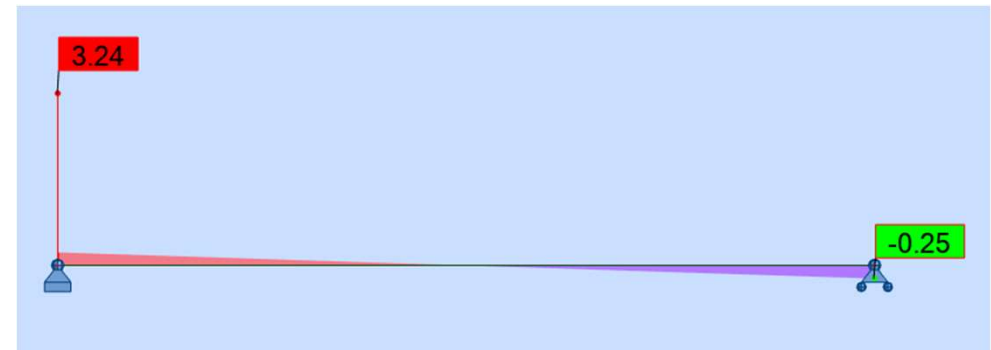
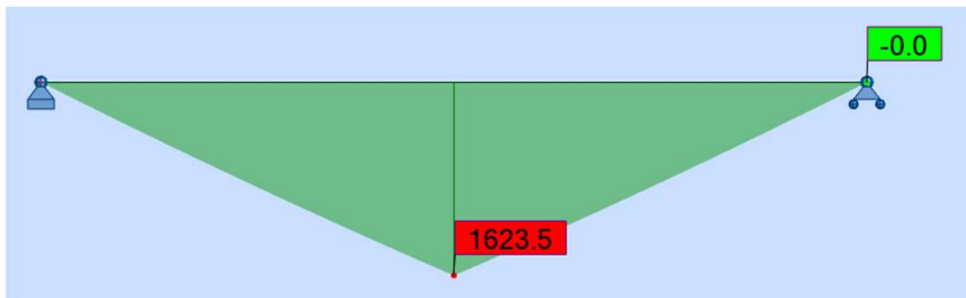
COMBINACIONES DE ACCIONES

Combinación de cargas:	CP (0.19 kN/m)	U (1.0 kN/m)	P (2.0kN)
Combinación 1 (CP)	1,35	0	0
Combinación 2 (CP+U)	1,35	1,5	0
Combinación 3 (CP+P)	1,35	0	1,5

DIAGRAMAS DE ESFUERZOS Y VALOR MÁXIMO

FLECTOR: $M_{y,d} = 1.35 \cdot 91.5 + 1.5 \cdot 1000 = 1623.55 \text{ kN}\cdot\text{mm}$

CORTANTE: $V_{y,d} = 1.35 \cdot 0.18 + 1.5 \cdot 2.00 = 3.25 \text{ kN}$



E.L.U. Cálculo de secciones sometidas a tensiones paralelas a la fibra

3. FLEXIÓN SIMPLE: ejemplo vigueta forjado

TENSION de cálculo ($\sigma_{m,y,d}$)

$$\sigma_{m,y,d} = M_{y,d} / w_y$$

$M_{y,d}$: momento flector

w_y : módulo resistente, en piezas rectangulares: $w_y = b \cdot h^2 / 6 = 100 \cdot 160^2 / 6 = 426667 \text{ mm}^3$

COMBINACIONES DE ACCIONES

Combinación de cargas:	CP (0.19 kN/m)	U (1.0 kN/m)	P (2.0kN)
Combinación 1 (CP)	1,35	0	0
Combinación 2 (CP+U)	1,35	1,5	0
Combinación 3 (CP+P)	1,35	0	1,5

ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS: VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA

1. FLEXIÓN SIMPLE:

Comprobación de la resistencia a flexión simple: $\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,y,d}$

EC-5:1-1(Ec.6.11)

Combinación de acciones:

Cb.1

Cb.2

Cb.3

Momento flector ($M_{y,d}$)

123,55

873,55

1623,55

kN·mm

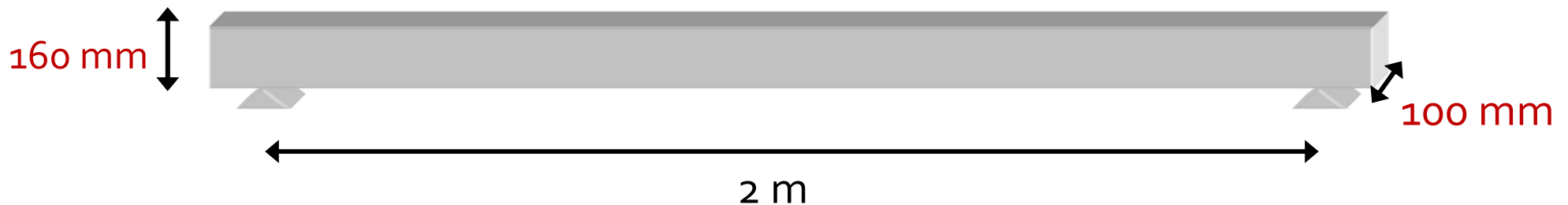
Tensión cálculo ($\sigma_{m,y,d}$)

0,29

2,05

3,81

N/mm²



1. ELU - Valores de cálculo
2. ELU - Tensiones paralelas a la fibra
3. Ejemplo: vigueta de forjado
 - 3.1. Acciones
 - 3.2. Combinación de acciones
 - 3.3. Esfuerzos
 - 3.4. Verificación**

Estructuras de madera

7.1. Flexión simple y tracción-compresión paralela a la fibra

E.L.U. Cálculo de secciones sometidas a tensiones paralelas a la fibra

3. FLEXIÓN SIMPLE: ejemplo vigueta forjado

TENSION de cálculo ($\sigma_{m,y,d}$)



RESISTENCIA de cálculo ($f_{m,y,d}$)

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot (f_{m,y,k} \cdot k_h / \gamma_M) \cdot k_{sys}$$

OJO: En una combinación con acciones de distinta duración, tomar el valor de k_{mod} correspondiente a la carga de más corta duración

COMBINACIONES DE ACCIONES

Combinación de cargas:	DURACIÓN DE LA CARGA	k_{mod}
Combinación 1 (CP)	permanente	0.6
Combinación 2 (CP+U)	media	0.8
Combinación 3 (CP+P)	corta	0.9
Combinación 4 (FUEGO)		1.0

Material	Standard	Service class	Load-duration class				
			Permanent action	Long term action	Medium term action	Short term action	Instantaneous action
Solid timber	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Glued laminated timber	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90

E.L.U. Cálculo de secciones sometidas a tensiones paralelas a la fibra

3. FLEXIÓN SIMPLE: ejemplo vigueta forjado

RESISTENCIA de cálculo ($f_{m,y,d}$)

$$f_{m,y,d} = k_{\text{mod}} \cdot (f_{m,y,k} \cdot k_h / \gamma_M) \cdot k_{\text{sys}}$$

Tabla 1 – Clases resistentes. Valores característicos

		Coníferas y chopo											Fronzosas								
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D18	D24	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Propiedades de resistencia (en N/mm ²)																					
Flexión	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	18	24	30	35	40	50	60	70
Tracción paralela a la fibra	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	11	14	18	21	24	30	36	42
Tracción perpendicular a la fibra	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Compresión paralela a la fibra	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	18	21	23	25	26	29	32	34
Compresión perpendicular a la fibra	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	7,5	7,8	8,0	8,1	8,3	9,3	10,5	13,5
Cortante	f_v,k	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,0
Propiedades de rigidez (en kN/mm ²)																					
Módulo de elasticidad medio paralelo a la fibra	$E_{0,medio}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	9,5	10	11	12	13	14	17	20
Módulo de elasticidad paralelo a la fibra (5% percentil)	$E_{0,05}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8	8,5	9,2	10,1	10,9	11,8	14,3	16,8
Módulo de elasticidad medio perpendicular a la fibra	$E_{90,medio}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,63	0,67	0,73	0,80	0,86	0,93	1,13	1,33
Módulo medio de cortante	G_{medio}	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,59	0,62	0,69	0,75	0,81	0,88	1,06	1,25
Densidad (en kg/m ³)																					
Densidad	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	475	485	530	540	550	620	700	900
Densidad media	ρ_{medio}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	570	580	640	650	660	750	840	1080

E.L.U. Cálculo de secciones sometidas a tensiones paralelas a la fibra

3. FLEXIÓN SIMPLE: ejemplo vigueta forjado

b	100 mm
h	160 mm
CLASE RESISTENTE	C20

RESISTENCIA de cálculo ($f_{m,y,d}$)

$$f_{m,y,d} = k_{\text{mod}} \cdot (f_{m,y,k} \cdot k_h / \gamma_M) \cdot k_{\text{sys}}$$

MADERA ASERRADA



h=160mm

$$h < 150\text{mm}: k_h = \min \left\{ \begin{array}{l} \left(\frac{150}{h} \right)^{0,2} \\ 1,3 \end{array} \right.$$

$h \geq 150\text{mm}: k_h = 1$

E.L.U. Cálculo de secciones sometidas a tensiones paralelas a la fibra

3. FLEXIÓN SIMPLE: ejemplo vigueta forjado

RESISTENCIA de cálculo ($f_{m,y,d}$)

$$f_{m,y,d} = k_{\text{mod}} \cdot (f_{m,y,k} \cdot k_h / \gamma_M) \cdot k_{\text{sys}}$$

Table 2.3 – Recommended partial factors γ_M for material properties and resistances

Fundamental combinations:	
Solid timber	1,3
Glued laminated timber	1,25
LVL, plywood, OSB,	1,2
Particleboards	1,3
Fibreboards, hard	1,3
Fibreboards, medium	1,3
Fibreboards, MDF	1,3
Fibreboards, soft	1,3
Connections	1,3
Punched metal plate fasteners	1,25
Accidental combinations	1,0

E.L.U. Cálculo de secciones sometidas a tensiones paralelas a la fibra

3. FLEXIÓN SIMPLE: ejemplo vigueta forjado

RESISTENCIA de cálculo ($f_{m,y,d}$)

$$f_{m,y,d} = k_{\text{mod}} \cdot (f_{m,y,k} \cdot k_h / \gamma_M) \cdot k_{\text{sys}}$$

CARGA COMPARTIDA: SÍ

$$K_{\text{sys}} = 1.1$$

Viguetas de forjado: luz < 6m



E.L.U. Cálculo de secciones sometidas a tensiones paralelas a la fibra

3. FLEXIÓN SIMPLE: ejemplo vigueta forjado

TENSION de cálculo ($\sigma_{m,y,d}$)



RESISTENCIA de cálculo ($f_{m,y,d}$)

$$\sigma_{m,y,d} = M_{y,d} / W_y$$

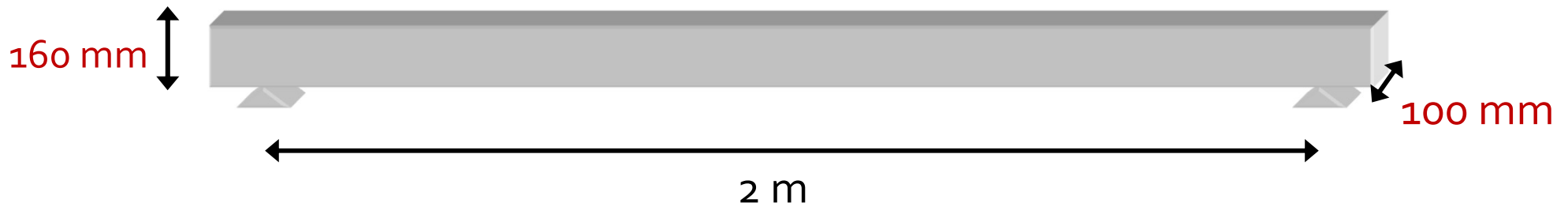
$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot (f_{m,k} / \gamma_M) \cdot k_h \cdot k_{sys}$$

ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS: VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA¹¹

1. FLEXIÓN SIMPLE:	Comprobación de la resistencia a flexión simple: $\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,y,d}$				EC-5:1-1(Ec.6.11)
Combinación de acciones:	Cb.1	Cb.2	Cb.3	Cb.4	
Momento flector ($M_{y,d}$)	123,55	873,55	1623,55		kN·mm
Tensión cálculo ($\sigma_{m,y,d}$)	0,29	2,05	3,81		N/mm ²
Resistencia cálculo ($f_{m,y,d}$)	10,15	13,54	15,23		N/mm ²

COMBINACIONES DE ACCIONES

Combinación de cargas:	DURACIÓN DE LA CARGA	k_{mod}
Combinación 1 (CP)	Permanente	0.6
Combinación 2 (CP+U)	media	0.8
Combinación 3 (CP+P)	corta	0.9



E.L.U. Cálculo de secciones sometidas a tensiones paralelas a la fibra

3. FLEXIÓN SIMPLE: ejemplo vigueta forjado

TENSION de cálculo ($\sigma_{m,y,d}$)



RESISTENCIA de cálculo ($f_{m,y,d}$)

$$\sigma_{m,y,d} = M_{y,d} / W_y$$

$$f_{m,y,d} = k_{mod} \cdot (f_{m,k} / \gamma_M) \cdot k_h \cdot k_{sys}$$

ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS: VERIFICACIÓN DE RESISTENCIA

1. FLEXIÓN SIMPLE:

Comprobación de la resistencia a flexión simple: $\sigma_{m,y,d} \leq f_{m,y,d}$

EC-5:1-1(Ec.6.11)

Combinación de acciones:	Cb.1	Cb.2	Cb.3	
Momento flector ($M_{y,d}$)	123,55	873,55	1623,55	kN·mm
Tensión cálculo($\sigma_{m,y,d}$)	0,29	2,05	3,81	N/mm ²
Resistencia cálculo($f_{m,y,d}$)	10,15	13,54	15,23	N/mm ²
Comprobación	2,85	15,12	24,98	%

CUMPLE A FLEXIÓN SIMPLE

COMBINACIONES DE ACCIONES

Combinación de cargas:	CP (0.18 kN/m)	U (1.0 kN/m)	P (2.0kN)
Combinación 1 (CP)	1,35	0	0
Combinación 2 (CP+U)	1,35	1,5	0
Combinación 3 (CP+P)	1,35	0	1,5



Muchas gracias
por la atención