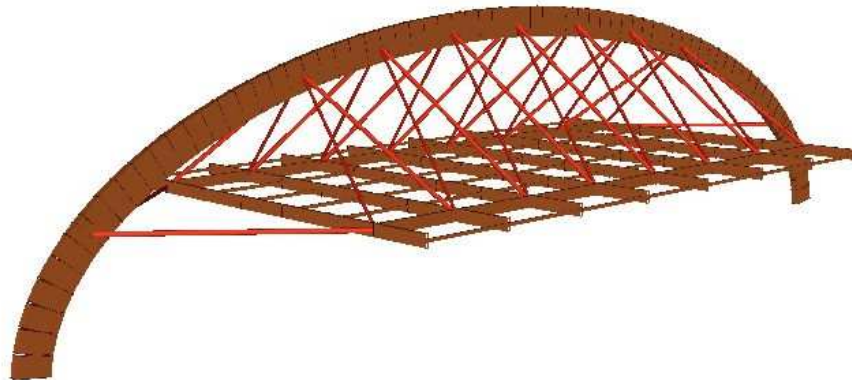


## Dimensionado de la estructura de madera

### 1. Introducción

Mediante tablas Excel y las solicitaciones obtenidas del cálculo vamos a comprobar que las secciones propuestas cumplen las condiciones del CTE, en caso que no cumpla o que la sección esté sobredimensionada intentaremos ajustar la sección.



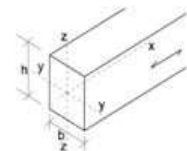
### 2. Arco

En primer lugar comprobamos la sección del arco de 240mm x 2000mm de sección.

- Comprobación a resistencia
  - Comprobamos una sección de centro del arco( el momento es mínimo y el axil máximo)

COMPROBACIONES A RESISTENCIA DE UNA SECCIÓN RECTANGULAR DE MADERA (actualización abril 2011)

Madera <input checked="" type="checkbox"/>	<b>b (mm)</b>	<b>h (mm)</b>	<b>A (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Wy (mm<sup>4</sup>)</b>	<b>Wz (mm<sup>4</sup>)</b>
GL28h	240	1500	360000	90000000	14400000



<b>duración carga</b>	<b>clase de servicio</b>	<b>Kmod</b>	<b>γm</b>
corta	2	0,9	1,25

Las solicitaciones se han de meter en las casillas en valor absoluto.

Nxd (+) (N)	Nxd (-) (N)	Myd (Nmm)	Mzd (Nmm)	Tzd (N)	Tyd (N)	Nxd (-) (N) OBLICUA	α°
0	2.476.000	340.909.000	0	35.688	0	0	0
σt,0,d (N/mm <sup>2</sup> )	σc,0,d (N/mm <sup>2</sup> )	σm,y,d (N/mm <sup>2</sup> )	σm,z,d (N/mm <sup>2</sup> )	Tzd (N/mm <sup>2</sup> )	Tyd (N/mm <sup>2</sup> )	σc,a,d (N/mm <sup>2</sup> )	
0,00	6,88	3,79	0,00	0,15	0,00	0,00	
ft,0,k (N/mm <sup>2</sup> )	fc,0,k (N/mm <sup>2</sup> )	fm,y,k (N/mm <sup>2</sup> )	fm,z,k (N/mm <sup>2</sup> )	fv,z,k (N/mm <sup>2</sup> )	fv,y,k (N/mm <sup>2</sup> )	fc,90,k (N/mm <sup>2</sup> )	
19,5	26,5	28	28	3,2	3,2	3	
ft,0,d (N/mm <sup>2</sup> )	fc,0,d (N/mm <sup>2</sup> )	fm,y,d (N/mm <sup>2</sup> )	fm,z,d (N/mm <sup>2</sup> )	fv,z,d (N/mm <sup>2</sup> )	fv,y,d (N/mm <sup>2</sup> )	fc,a,d (N/mm <sup>2</sup> )	
14,04	19,08	20,16	20,16	2,30	2,30	2,16	
-	-	-	-	<b>cumple</b>	-	-	
0,00 %	36,05 %	18,79 %	0,00 %	6,45 %	0,00 %	0,00 %	

<b>Myd, Mzd</b>
-

<b>Myd, Mzd, Nx(+)</b>
-

<b>Myd, Mzd, Nx(-)</b>
<b>cumple</b>

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,00 \%$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,00 \%$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,00 \%$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,00 \%$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 31,78 \%$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 26,15 \%$$

La solución cumple holgadamente las restricciones del CTE, vamos a analizar otras secciones.

- o Sección de mayor momento

COMPROBACIONES A RESISTENCIA DE UNA SECCIÓN RECTANGULAR DE MADERA (actualización abril 2011)

<b>Madera</b> <input type="checkbox"/>	<b>b (mm)</b>	<b>h (mm)</b>	<b>A (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Wy (mm<sup>4</sup>)</b>	<b>Wz (mm<sup>4</sup>)</b>		
GL28h	240	1500	360000	90000000	14400000		

<b>duracion carga</b>	<b>clase de servicio</b>	<b>Kmod</b>	<b>γm</b>
corta	2	0,9	1,25

Las solicitaciones se han de meter en las casillas en valor absoluto.

Nxd (+) (N)	Nxd (-) (N)	Myd (Nmm)	Mzd (Nmm)	Tzd (N)	Tyd (N)	Nxd (-) (N) OBLICUA	α°
0	2.164.000	1.962.965.000	0	590.000	0	0	0
σt,0,d N/mm2	σc,0,d N/mm2	σm,y,d N/mm2	σm,z,d N/mm2	Tzd N/mm2	Tyd N/mm2	σc,a,d N/mm2	
0,00	6,01	21,81	0,00	2,46	0,00	0,00	
f <sub>t,0,k</sub> (N/mm2)	f <sub>c,0,k</sub> (N/mm2)	f <sub>m,y,k</sub> (N/mm2)	f <sub>m,z,k</sub> (N/mm2)	f <sub>v,z,k</sub> (N/mm2)	f <sub>v,y,k</sub> (N/mm2)	f <sub>c,90,k</sub> (N/mm2)	
19,5	26,5	28	28	3,2	3,2	3	
f <sub>t,0,d</sub> (N/mm2)	f <sub>c,0,d</sub> (N/mm2)	f <sub>m,y,d</sub> (N/mm2)	f <sub>m,z,d</sub> (N/mm2)	f <sub>v,z,d</sub> (N/mm2)	f <sub>v,y,d</sub> (N/mm2)	f <sub>c,a,d</sub> (N/mm2)	
14,04	19,08	20,16	20,16	2,30	2,30	2,16	
-	-	-	-	no cumple	-	-	-
0,00 %	31,50 %	108,19 %	0,00 %	106,70 %	0,00 %	0,00 %	

<b>Myd, Mzd</b>	<b>Myd, Mzd, Nx(+)</b>	<b>Myd, Mzd, Nx(-)</b>
-	-	no cumple

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,00 \%$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,00 \%$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 118,11 \%$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 85,66 \%$$

Creative Commons: 2003 María Castaño Cerezo-Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia "Estructuras de madera"- NORMATIVA CTE DB-SE-M (ESPAÑA)

Esta sección no cumple el CTE por lo que decidimos aumentar el canto, de manera que ahora la sección queda 240mm x 2000mm

COMPROBACIONES A RESISTENCIA DE UNA SECCIÓN RECTANGULAR DE MADERA (actualización abril 2011)

<b>Madera</b> <input type="checkbox"/>	<b>b (mm)</b>	<b>h (mm)</b>	<b>A (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Wy (mm<sup>4</sup>)</b>	<b>Wz (mm<sup>4</sup>)</b>		
GL28h	240	2000	480000	160000000	19200000		

<b>duracion carga</b>	<b>clase de servicio</b>	<b>Kmod</b>	<b>γm</b>
corta	2	0,9	1,25

Las solicitaciones se han de meter en las casillas en valor absoluto.

Nxd (+) (N)	Nxd (-) (N)	Myd (Nmm)	Mzd (Nmm)	Tzd (N)	Tyd (N)	Nxd (-) (N) OBLICUA	α°
0	2.164.000	1.962.965.000	0	590.000	0	0	0
σt,0,d N/mm2	σc,0,d N/mm2	σm,y,d N/mm2	σm,z,d N/mm2	Tzd N/mm2	Tyd N/mm2	σc,a,d N/mm2	
0,00	4,51	12,27	0,00	1,84	0,00	0,00	
f <sub>t,0,k</sub> (N/mm2)	f <sub>c,0,k</sub> (N/mm2)	f <sub>m,y,k</sub> (N/mm2)	f <sub>m,z,k</sub> (N/mm2)	f <sub>v,z,k</sub> (N/mm2)	f <sub>v,y,k</sub> (N/mm2)	f <sub>c,90,k</sub> (N/mm2)	
19,5	26,5	28	28	3,2	3,2	3	
f <sub>t,0,d</sub> (N/mm2)	f <sub>c,0,d</sub> (N/mm2)	f <sub>m,y,d</sub> (N/mm2)	f <sub>m,z,d</sub> (N/mm2)	f <sub>v,z,d</sub> (N/mm2)	f <sub>v,y,d</sub> (N/mm2)	f <sub>c,a,d</sub> (N/mm2)	
14,04	19,08	20,16	20,16	2,30	2,30	2,16	
-	-	-	-	cumple	-	-	-
0,00 %	23,63 %	60,86 %	0,00 %	80,02 %	0,00 %	0,00 %	

<b>Myd, Mzd</b>	<b>Myd, Mzd, Nx(+)</b>	<b>Myd, Mzd, Nx(-)</b>
-	-	cumple

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,00 \%$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 0,00 \%$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 86,44 \%$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 48,18 \%$$

Creative Commons: 2003 María Castaño Cerezo-Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia "Estructuras de madera"- NORMATIVA CTE DB-SE-M (ESPAÑA)

- Comprobación a inestabilidad (240 mm x 2000mm)
  - Sección de mayor momento

COMPROBACIÓN A ESTABILIDAD DE UNA SECCIÓN RECTANGULAR DE MADERA PARA EDIFICIOS ARRIOSTRADOS CTE DB SE-M (actualizado abril 2011)

<b>Madera</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>b (mm)</b>	<b>h (mm)</b>	<b>L barra (mm)</b>	<b>A (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>iy (mm<sup>4</sup>)</b>
<b>GL28h</b>	240	2000	15.000	480.000	577
	<b>Wy (mm<sup>3</sup>)</b>	<b>Wz (mm<sup>3</sup>)</b>	<b>Iz (mm<sup>4</sup>)</b>	<b>Itor (mm<sup>4</sup>)</b>	<b>iz (mm<sup>4</sup>)</b>
	160.000.000	19.200.000	2.304.000.000	8.519.270.400	69

<b>duración carga</b>	<b>clase servicio</b>	<b>Kmod</b>	<b>ym</b>
corta	2	0,9	1,25

<b>Nxd (-) (N)</b>	<b>Myd (Nmm)</b>	<b>Mzd (Nmm)</b>
728.780	638.543.000	
<b>σ<sub>c,0,d</sub> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>σ<sub>m,y,d</sub> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>σ<sub>m,z,d</sub> (N/mm<sup>2</sup>)</b>
1,52	3,99	0,00
<b>f<sub>c,0,k</sub> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>f<sub>m,y,k</sub> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>f<sub>m,z,k</sub> (N/mm<sup>2</sup>)</b>
26,5	28	28
<b>f<sub>c,0,d</sub> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>f<sub>m,y,d</sub> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>f<sub>m,z,d</sub> (N/mm<sup>2</sup>)</b>
19,08	20,16	20,16

Las solicitaciones se han de meter en las casillas en valor absoluto.

8 % resistencia      20 % resistencia      0 % resistencia

PANDEO FLEXIONAL	
flexión en Y (eje fuerte)	flexión en Z (eje débil)
nº apoyos intermedios	nº apoyos intermedios
0	0
β <sub>y</sub>	β <sub>z</sub>
1,0	1,0
λ <sub>y</sub>	λ <sub>z</sub>
25,98	216,51
σ <sub>c,crit,y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	σ <sub>c,crit,z</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
149,14	2,15
λ <sub>rel,y</sub>	λ <sub>rel,z</sub>
0,42	3,51
K <sub>y</sub>	K <sub>z</sub>
0,60	6,99
X <sub>y</sub>	X <sub>z</sub>
0,97	0,08

PANDEO TORSIONAL	
BETA <sub>v</sub>	-
0,95	-
σ <sub>m,crit</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	17,22
λ <sub>rel,m</sub>	1,28
K <sub>crit</sub>	0,60

$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} f_{c,0,d}} \leq 1$   
 $\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1$   
 $\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d}$

PANDEO FLEXIONAL_causa Nxd(-)		
Nxd (-)		Nxd (-), Myd y/o Mzd
-		no cumple
0 %		28 %
0 %		118 %

$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$   
 $\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$

PANDEO TORSIONAL_causa Myd	
Myd	Myd, Nxd (-)
-	no cumple
0 %	114 %

$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1$

Creative Commons: 2009 María Castaño Cerezo-Esuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia- "Estructuras de madera"- NORMATIVA CTE DB-SE-M (ESPAÑA)

Además de ser la sección con mayor momento, también es la barra de mayor longitud entre arriostramientos, por lo que es la sección más desfavorable a inestabilidad del arco. Puesto que la sección propuesta no cumple a estabilidad comprobaremos una sección de 300mm x 2000mm

COMPROBACIÓN A ESTABILIDAD DE UNA SECCIÓN RECTANGULAR DE MADERA PARA EDIFICIOS ARRIOSTRADOS CTE DB SE-M (actualizado abril 2011)

<b>Madera</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>b (mm)</b>	<b>h (mm)</b>	<b>L barra (mm)</b>	<b>A (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>iy (mm<sup>4</sup>)</b>
<b>GL28h</b>	300	2000	15.000	600.000	577
	<b>Wy (mm<sup>3</sup>)</b>	<b>Wz (mm<sup>3</sup>)</b>	<b>Iz (mm<sup>4</sup>)</b>	<b>Itor (mm<sup>4</sup>)</b>	<b>iz (mm<sup>4</sup>)</b>
	200.000.000	30.000.000	4.500.000.000	16.299.000.000	87

<b>duración carga</b>	<b>clase servicio</b>	<b>Kmod</b>	<b>ym</b>
corta	2	0,9	1,25

<b>Nxd (-) (N)</b>	<b>Myd (Nmm)</b>	<b>Mzd (Nmm)</b>
728.780	638.543.000	
<b>σ<sub>c,0,d</sub> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>σ<sub>m,y,d</sub> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>σ<sub>m,z,d</sub> (N/mm<sup>2</sup>)</b>
1,21	3,19	0,00
<b>f<sub>c,0,k</sub> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>f<sub>m,y,k</sub> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>f<sub>m,z,k</sub> (N/mm<sup>2</sup>)</b>
26,5	28	28
<b>f<sub>c,0,d</sub> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>f<sub>m,y,d</sub> (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>f<sub>m,z,d</sub> (N/mm<sup>2</sup>)</b>
19,08	20,16	20,16

Las solicitaciones se han de meter en las casillas en valor absoluto.

6 % resistencia      16 % resistencia      0 % resistencia

PANDEO FLEXIONAL	
flexión en Y (eje fuerte)	flexión en Z (eje débil)
nº apoyos intermedios	nº apoyos intermedios
0	0
β <sub>y</sub>	β <sub>z</sub>
1,0	1,0
λ <sub>y</sub>	λ <sub>z</sub>
25,98	173,21
σ <sub>c,crit,y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	σ <sub>c,crit,z</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
149,14	3,36
λ <sub>rel,y</sub>	λ <sub>rel,z</sub>
0,42	2,81
K <sub>y</sub>	K <sub>z</sub>
0,60	4,70
X <sub>y</sub>	X <sub>z</sub>
0,97	0,12

PANDEO TORSIONAL	
BETA <sub>v</sub>	-
0,95	-
σ <sub>m,crit</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	26,63
λ <sub>rel,m</sub>	1,03
K <sub>crit</sub>	0,79

$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} f_{c,0,d}} \leq 1$   
 $\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1$   
 $\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d}$

PANDEO FLEXIONAL_causa Nxd(-)		
Nxd (-)		Nxd (-), Myd y/o Mzd
-		cumple
0 %		22 %
0 %		65 %

$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$   
 $\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$

PANDEO TORSIONAL_causa Myd	
Myd	Myd, Nxd (-)
-	cumple
0 %	58 %

$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1$

Creative Commons: 2009 María Castaño Cerezo-Esuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia- "Estructuras de madera"- NORMATIVA CTE DB-SE-M (ESPAÑA)

### 3. Vigas principales<sup>1</sup>

Comprobamos la sección propuesta de las vigas de 240mm x 750 mm

- Comprobación a resistencia
  - Sección de centro de vano de valores más desfavorables; Vigas centrales

COMPROBACIONES A RESISTENCIA DE UNA SECCIÓN RECTANGULAR DE MADERA (actualización abril 2011)

Madera <input type="checkbox"/>	<b>b (mm)</b>	<b>h (mm)</b>	<b>A (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Wy (mm<sup>4</sup>)</b>	<b>Wz (mm<sup>4</sup>)</b>		
GL28h	240	750	180000	22500000	7200000		



<b>duracion carga</b>	<b>clase de servicio</b>	<b>Kmod</b>	<b>γm</b>
corta	2	0,9	1,25

Las solicitaciones se han de meter en las casillas en valor absoluto.

Nxd (+) (N)	Nxd (-) (N)	Myd (Nmm)	Mzd (Nmm)	Tzd (N)	Tyd (N)	Nxd (-) (N) OBLICUA	α°
0	156.159	407.627.000	0	3.927	0	0	0
σt,0,d N/mm2	σc,0,d N/mm2	σm,y,d N/mm2	σm,z,d N/mm2	Tzd N/mm2	Tyd N/mm2	σc,a,d N/mm2	
0,00	0,87	18,12	0,00	0,03	0,00	0,00	
ft,0,k (N/mm2)	fc,0,k (N/mm2)	fm,y,k (N/mm2)	fm,z,k (N/mm2)	fv,z,k (N/mm2)	fv,y,k (N/mm2)	fc,90,k (N/mm2)	
19,5	26,5	28	28	3,2	3,2	3	
ft,0,d (N/mm2)	fc,0,d (N/mm2)	fm,y,d (N/mm2)	fm,z,d (N/mm2)	fv,z,d (N/mm2)	fv,y,d (N/mm2)	fc,a,d (N/mm2)	
14,04	19,08	20,16	20,16	2,30	2,30	2,16	
-	-	-	-	<b>cumple</b>	-	-	
0,00 %	4,55 %	89,86 %	0,00 %	1,42 %	0,00 %	0,00 %	

**Myd, Mzd**

-

**Myd, Mzd, Nx(+)**

-

**Myd, Mzd, Nx(-)**

**cumple**

$\frac{\sigma_{m,y,d} + k_m \sigma_{m,z,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$ <p style="text-align: right;">0,00 %</p>	$\frac{\sigma_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d} + k_m \sigma_{m,z,d}}{f_{t,0,d} + f_{m,y,d} + k_m f_{m,z,d}} \leq 1$ <p style="text-align: right;">0,00 %</p>	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d} + k_m \sigma_{m,z,d}}{f_{m,y,d} + k_m f_{m,z,d}} \leq 1$ <p style="text-align: right;">90,07 %</p>
$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$ <p style="text-align: right;">0,00 %</p>	$\frac{\sigma_{t,0,d} + k_m \sigma_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}}{f_{t,0,d} + k_m f_{m,y,d} + f_{m,z,d}} \leq 1$ <p style="text-align: right;">0,00 %</p>	$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$ <p style="text-align: right;">63,11 %</p>

Creative Commons: 2009 Mariá Castañó Cerezo-Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia "Estructuras de madera"- NORMATIVA CTE DB-8-M (ESPAÑA)

Por tanto las secciones de las vigas son de **240 x 750mm**

- Sección de centro de vano de las vigas de los extremos

Aunque el axil sea mayor en estas secciones que en las secciones de las vigas centrales el momento se reduce a la mitad, aproximadamente. Por lo que la sección propuesta cumple.

<sup>1</sup> En este dimensionado deberíamos tener presente el esfuerzo axil a añadir por las imperfecciones, se deberían sumar 130 KN al axil de solicitación para tener en cuenta la imperfección.

• Comprobación a inestabilidad

COMPROBACIÓN A ESTABILIDAD DE UNA SECCIÓN RECTANGULAR DE MADERA PARA EDIFICIOS ÁRRIOSTRADOS CTE DB SE-M (actualizado abril 2011)

Madera
GL28h

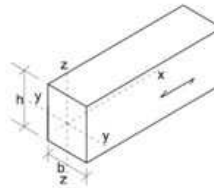
b (mm)	h (mm)	L barra (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	iy (mm <sup>4</sup> )
240	750	20.000	180.000	217
Wy (mm <sup>3</sup> )	Wz (mm <sup>3</sup> )	Iz (mm <sup>4</sup> )	I <sub>tor</sub> (mm <sup>4</sup> )	iz (mm <sup>4</sup> )
22.500.000	7.200.000	864.000.000	2.759.270.400	69

duración carga	clase servicio	Kmod	ym
corta	2	0,9	1,25

Las solicitaciones se han de meter en las casillas en valor absoluto.

Nxd (-) (N)	Myd (Nmm)	Mzd (Nmm)
57.528	162.524.000	
σ <sub>c,0,d</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	σ <sub>m,y,d</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	σ <sub>m,z,d</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
0,32	7,22	0,00
f <sub>c,0,k</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>m,y,k</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>m,z,k</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
26,5	28	28
f <sub>c,0,d</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>m,y,d</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>m,z,d</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
19,08	20,16	20,16

2 % resistencia      36 % resistencia      0 % resistencia



PANDEO FLEXIONAL	
flexión en Y (eje fuerte)	flexión en Z (eje débil)
nº apoyos intermedios	nº apoyos intermedios
0	6
β <sub>y</sub>	β <sub>z</sub>
1,0	1,0
λ <sub>y</sub>	λ <sub>z</sub>
92,38	41,24
σ <sub>c,crit,y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	σ <sub>c,crit,z</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
11,80	59,19
λ <sub>rel,y</sub>	λ <sub>rel,z</sub>
1,50	0,67
K <sub>y</sub>	K <sub>z</sub>
1,74	0,76
X <sub>y</sub>	X <sub>z</sub>
0,38	0,89
PANDEO TORSIONAL	
BETA <sub>v</sub>	
0,95	-
σ <sub>m,crit</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	
224,03	
λ <sub>rel,m</sub>	
0,35	
K <sub>crit</sub>	
1,00	

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1$$

PANDEO FLEXIONAL_causa Nxd(-)	
Nxd (-)	Nxd (-), Myd y/o Mzd
-	cumple
0 %	40 %
0 %	27 %

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + K_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} f_{c,0,d}} + K_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\sigma_{m,d} \leq K_{crit} \cdot f_{m,d}$$

PANDEO TORSIONAL_causa Myd	
Myd	Myd, Nxd (-)
-	cumple
0 %	15 %

$$\left( \frac{\sigma_{m,d}}{K_{crit} f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1$$

Creative Commons: 2009 María Castañó Cerezo-Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia: "Estructuras de madera". NORMATIVA CTE DB-SE-M (ESPAÑA)

La sección de las vigas principales es: **240 mm x 750 mm**

4. Vigas secundarias, barras trabajando mayoritariamente a esfuerzo axial (anclaje de los tirantes)

- Comprobación a resistencia

COMPROBACIONES A RESISTENCIA DE UNA SECCIÓN RECTANGULAR DE MADERA (actualización abril 2011)

<b>Madera</b>	<b>b (mm)</b>	<b>h (mm)</b>	<b>A (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Wy (mm<sup>4</sup>)</b>	<b>Wz (mm<sup>4</sup>)</b>		
GL28h	240	300	72000	3600000	2880000		

<b>duración carga</b>	<b>clase de servicio</b>	<b>Kmod</b>	<b>γm</b>
corta	2	0,9	1,25

<b>Nxd (+) (N)</b>	<b>Nxd (-) (N)</b>	<b>Myd (Nmm)</b>	<b>Mzd (Nmm)</b>	<b>Tzd (N)</b>	<b>Tyd (N)</b>	<b>Nxd (-) (N) OBLICUA</b>	<b>α°</b>
0	843.741	29.780.000	0	19.854	0	0	0
<b>σt,0,d N/mm2</b>	<b>σc,0,d N/mm2</b>	<b>σm,y,d N/mm2</b>	<b>σm,z,d N/mm2</b>	<b>Tzd N/mm2</b>	<b>Tyd N/mm2</b>	<b>σc,α,d N/mm2</b>	
0,00	11,72	8,27	0,00	0,41	0,00	0,00	
<b>ft,0,k (N/mm2)</b>	<b>fc,0,k (N/mm2)</b>	<b>fm,y,k (N/mm2)</b>	<b>fm,z,k (N/mm2)</b>	<b>fv,z,k (N/mm2)</b>	<b>fv,y,k (N/mm2)</b>	<b>fc,90,k (N/mm2)</b>	
19,5	26,5	28	28	3,2	3,2	3	
<b>ft,0,d (N/mm2)</b>	<b>fc,0,d (N/mm2)</b>	<b>fm,y,d (N/mm2)</b>	<b>fm,z,d (N/mm2)</b>	<b>fv,z,d (N/mm2)</b>	<b>fv,y,d (N/mm2)</b>	<b>fc,α,d (N/mm2)</b>	
14,04	19,08	20,16	20,16	2,30	2,30	2,16	
-	-	-	-	<b>cumple</b>	-	-	
0,00 %	61,42 %	41,03 %	0,00 %	17,95 %	0,00 %	0,00 %	

<b>Myd, Mzd</b>	<b>Myd, Mzd, Nx(+)</b>	<b>Myd, Mzd, Nx(-)</b>
-	-	<b>cumple</b>

$$\frac{\sigma_{m,y,d} + k_m \sigma_{m,z,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

0,00 %

$$\frac{\sigma_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d} + k_m \sigma_{m,z,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

0,00 %

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d} + k_m \sigma_{m,z,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

78,76 %

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

0,00 %

$$\frac{\sigma_{t,0,d} + k_m \sigma_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

0,00 %

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

86,45 %

Creative Commons: 2009 María Castaño Cerezo-Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia-"Estructuras de madera"-NORMATIVA CTE DB-SE-M (ESPAÑA)

- Comprobación a estabilidad

COMPROBACIÓN A ESTABILIDAD DE UNA SECCIÓN RECTANGULAR DE MADERA PARA EDIFICIOS ARRIOSTRADOS CTE DB SE-M (actualizado abril 2011)

<b>Madera</b>	<b>b (mm)</b>	<b>h (mm)</b>	<b>L barra (mm)</b>	<b>A (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>iy (mm<sup>4</sup>)</b>		
GL28h	240	300	6.000	72.000	87		

<b>Wy (mm<sup>3</sup>)</b>	<b>Wz (mm<sup>3</sup>)</b>	<b>Iz (mm<sup>4</sup>)</b>	<b>ltor (mm<sup>4</sup>)</b>	<b>iz (mm<sup>4</sup>)</b>
3.600.000	2.880.000	345.600.000	685.670.400	69

<b>duración carga</b>	<b>clase servicio</b>	<b>Kmod</b>	<b>γm</b>
corta	2	0,9	1,25

<b>Nxd (-) (N)</b>	<b>Myd (Nmm)</b>	<b>Mzd (Nmm)</b>
279.595	1.880.000	
<b>σc,0,d (N/mm2)</b>	<b>σm,y,d (N/mm2)</b>	<b>σm,z,d (N/mm2)</b>
3,88	0,52	0,00
<b>fc,0,k (N/mm2)</b>	<b>fm,y,k (N/mm2)</b>	<b>fm,z,k (N/mm2)</b>
26,5	28	28
<b>fc,0,d (N/mm2)</b>	<b>fm,y,d (N/mm2)</b>	<b>fm,z,d (N/mm2)</b>
19,08	20,16	20,16

20 % resistencia      3 % resistencia      0 % resistencia

PANDEO FLEXIONAL_causa Nxd(-)	
<b>Nxd (-)</b>	<b>Nxd (-), Myd y/o Mzd</b>
-	<b>cumple</b>
0 %	37 %
0 %	50 %

PANDEO TORSIONAL_causa Myd	
<b>Myd</b>	<b>Myd, Nxd (-)</b>
-	<b>cumple</b>
0 %	48 %

PANDEO FLEXIONAL	
flexión en Y (eje fuerte)	flexión en Z (eje débil)
nº apoyos intermedios	nº apoyos intermedios
0	0
βy	βz
1,0	1,0
ay	az
69,28	86,60
<b>σc,crit,y (N/mm2)</b>	<b>σc,crit,z (N/mm2)</b>
20,97	13,42
<b>λrel,y</b>	<b>λrel,z</b>
1,12	1,41
Ky	Kz
1,21	1,60
Xy	Xz
0,60	0,42
PANDEO TORSIONAL	
<b>BETAv</b>	
0,95	-
<b>σm,crit (N/mm2)</b>	
210,22	
<b>λrel,m</b>	
0,36	
<b>Kcrit</b>	
1,00	

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{e,y} f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{e,z} f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d} + \sigma_{m,y,d} + k_m \sigma_{m,z,d}}{\chi_{e,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d} + k_m \sigma_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d}}{\chi_{e,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d}$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{e,z} f_{c,0,d}} \leq 1$$

Creative Commons: 2009 María Castaño Cerezo-Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia-"Estructuras de madera"-NORMATIVA CTE DB-SE-M (ESPAÑA)

Sección de las vigas secundarias: **240mm x 300mm**

5. Correas

- Comprobación a resistencia de la sección 200mm x 200mm

COMPROBACIONES A RESISTENCIA DE UNA SECCIÓN RECTANGULAR DE MADERA (actualización abril 2011)

Madera <input checked="" type="checkbox"/>	<b>b (mm)</b>	<b>h (mm)</b>	<b>A (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Wy (mm<sup>4</sup>)</b>	<b>Wz (mm<sup>4</sup>)</b>
GL28h	200	200	40000	1333333,333	1333333,333



<b>duracion carga</b>	<b>clase de servicio</b>	<b>Kmod</b>	<b>γm</b>
corta	2	0,9	1,25

<b>Nxd (+) (N)</b>	<b>Nxd (-) (N)</b>	<b>Myd (Nmm)</b>	<b>Mzd (Nmm)</b>	<b>Tzd (N)</b>	<b>Tyd (N)</b>	<b>Nxd (-) (N) OBLICUA</b>	<b>α°</b>
0	21.392	26.119.000	0	19.854	0	0	0
<b>σt,0,d (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>σc,0,d (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>σm,y,d (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>σm,z,d (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tzd (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Tyd (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>σc,α,d (N/mm<sup>2</sup>)</b>	
0,00	0,53	19,59	0,00	0,74	0,00	0,00	
<b>ft,0,k (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>fc,0,k (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>fm,y,k (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>fm,z,k (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>fv,z,k (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>fv,y,k (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>fc,90,k (N/mm<sup>2</sup>)</b>	
19,5	26,5	28	28	3,2	3,2	3	
<b>ft,0,d (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>fc,0,d (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>fm,y,d (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>fm,z,d (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>fv,z,d (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>fv,y,d (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>fc,α,d (N/mm<sup>2</sup>)</b>	
14,04	19,08	20,16	20,16	2,30	2,30	2,16	
-	-	-	-	<b>cumple</b>	-	-	
0,00 %	2,80 %	97,17 %	0,00 %	32,31 %	0,00 %	0,00 %	

<b>Myd, Mzd</b>	<b>Myd, Mzd, Nx(+)</b>	<b>Myd, Mzd, Nx(-)</b>
-	-	<b>cumple</b>

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

0,00 %

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

0,00 %

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

0,00 %

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

0,00 %

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

97,25 %

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

88,10 %

Creative Commons 2009 María Castaño Cerezo-Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia- "Estructuras de madera". NORMATIVA CTE DB-SE-M (ESPAÑA)

- Comprobación a estabilidad

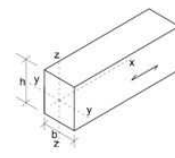
COMPROBACIÓN A ESTABILIDAD DE UNA SECCIÓN RECTANGULAR DE MADERA PARA EDIFICIOS ARRIOSTRADOS CTE DB SE-M (actualizado abril 2011)

Madera <input checked="" type="checkbox"/>	<b>b (mm)</b>	<b>h (mm)</b>	<b>L barra (mm)</b>	<b>A (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>iy (mm<sup>4</sup>)</b>
GL28h	200	200	6.000	40.000	58
	<b>Wy (mm<sup>3</sup>)</b>	<b>Wz (mm<sup>3</sup>)</b>	<b>Iz (mm<sup>4</sup>)</b>	<b>Itr (mm<sup>4</sup>)</b>	<b>iz (mm<sup>4</sup>)</b>
	1.333.333	1.333.333	133.333.333	197.333.333	58

<b>duracion carga</b>	<b>clase servicio</b>	<b>Kmod</b>	<b>γm</b>
corta	2	0,9	1,25

<b>Nxd (-) (N)</b>	<b>Myd (Nmm)</b>	<b>Mzd (Nmm)</b>
7.178	11.880.000	
<b>σc,0,d (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>σm,y,d (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>σm,z,d (N/mm<sup>2</sup>)</b>
0,18	8,91	0,00
<b>fc,0,k (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>fm,y,k (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>fm,z,k (N/mm<sup>2</sup>)</b>
26,5	28	28
<b>fc,0,d (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>fm,y,d (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>fm,z,d (N/mm<sup>2</sup>)</b>
19,08	20,16	20,16

1 % resistencia      44 % resistencia      0 % resistencia



PANDEO FLEXIONAL	
flexión en Y (eje fuerte)	flexión en Z (eje débil)
nº apoyos intermedios	nº apoyos intermedios
0	0
βy	βz
1,0	1,0
ly	lz
103,92	103,92
<b>σc,crit,y (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>σc,crit,z (N/mm<sup>2</sup>)</b>
9,32	9,32
<b>λrel,y</b>	<b>λrel,z</b>
1,69	1,69
<b>Ky</b>	<b>Kz</b>
2,06	2,06
<b>Xy</b>	<b>Xz</b>
0,31	0,31

PANDEO TORSIONAL	
<b>BETA<sub>v</sub></b>	
0,95	-
<b>σm,crit (N/mm<sup>2</sup>)</b>	
189,13	
<b>λrel,m</b>	
0,38	
<b>Kcrit</b>	
1,00	

PANDEO FLEXIONAL\_causa Nxd(-)

<b>Nxd (-)</b>	<b>Nxd (-), Myd y/o Mzd</b>
0 %	47 %
0 %	34 %

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,y} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

PANDEO TORSIONAL\_causa Myd

<b>Myd</b>	<b>Myd, Nxd (-)</b>
0 %	cumple
	23 %

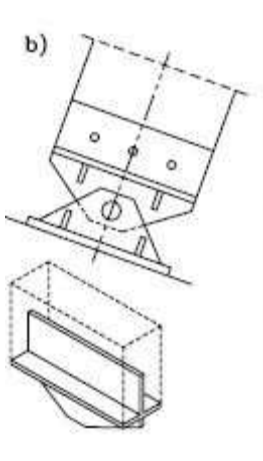
$$\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} f_{m,d}} + \frac{\sigma_{c,0,d}}{\chi_{c,z} f_{c,0,d}} \leq 1$$

Creative Commons 2009 María Castaño Cerezo-Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia- "Estructuras de madera". NORMATIVA CTE DB-SE-M (ESPAÑA)

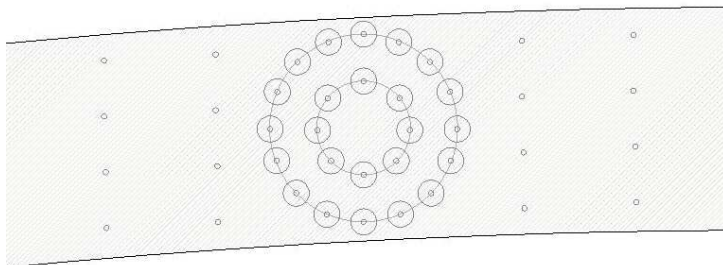
Se da por válida la sección de **200mm x 200mm**

## 6. Uniones

### Unión articulada arco-suelo

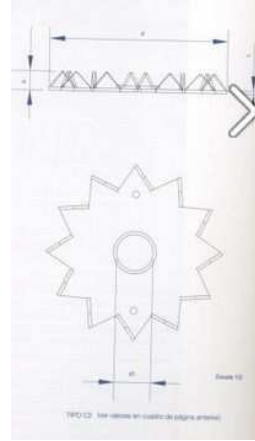
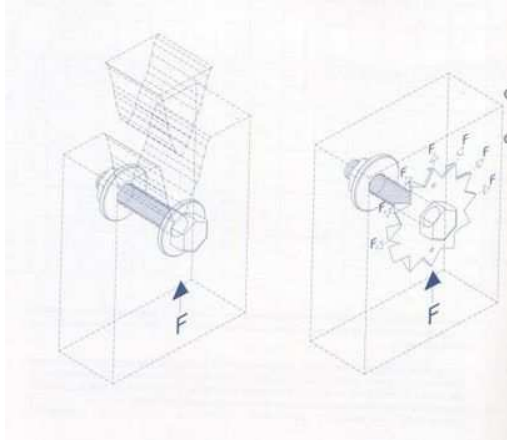


### Unión rígida prolongación de arco

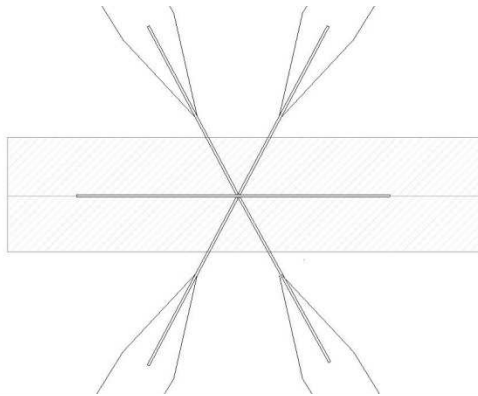


Puesto que la longitud del arco es mucho más grande del máximo para el transporte decidimos cortarla y hacer una unión de prolongación de arco. Unión que necesita poder transmitir momentos. Por tanto se decide este tipo de unión donde la fuerza admisible de cada perno por su brazo mecánico nos dará el momento que la unión es capaz de transmitir. Esta unión debe tener el mismo espesor de la pieza, esto es 300mm. Por otro lado, necesitamos de pasadores que unan las dos secciones de 150mm cada una y que trabajen conjuntamente. Se

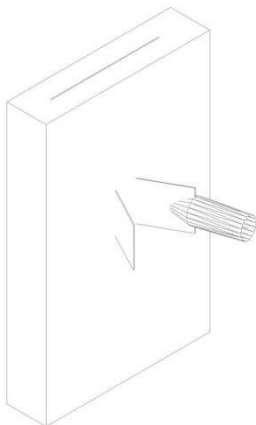
decide colocarlos a lo largo del canto de la pieza y a lo largo de toda su longitud separados 1m.



Unión articulada arco-tirantes

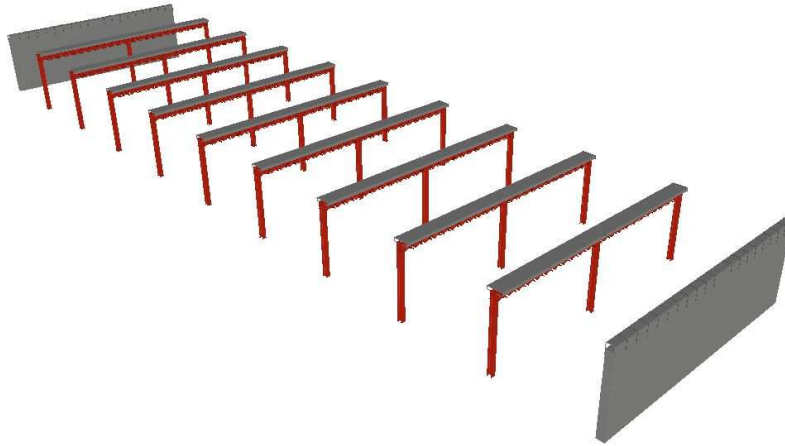


Se trata de una chapa de acero embebida entre las dos secciones de madera que forman el arco, de ella salen 4 chapas más que serán las que con clavos se unan a los perfiles tubulares. De esta forma los tirantes quedan anclados a la sección de madera. La chapas interiores no tienen la misma altura que el canto del arco para no romper las betas de la madera y restarle resistencia. El arco ya llegará montado con las 5 chapas de manera que en obra se unen los tubulares y se atornillan. Del mismo modo los perfiles tubulares ya vendrán de taller con la geometría correcta.

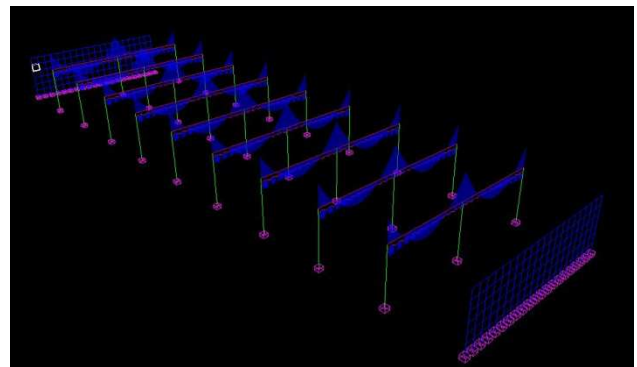
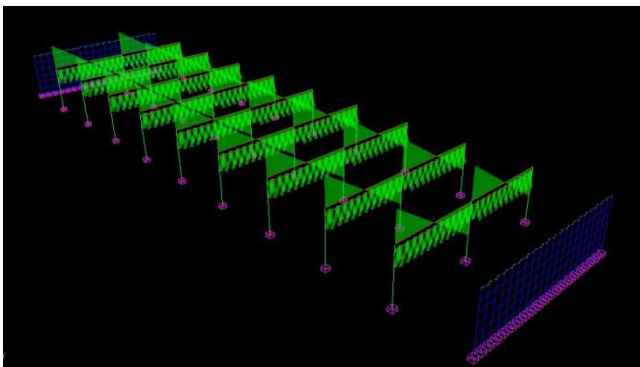


### Dimensionado de la viga de estructura mixta

En primer lugar hemos predimensionado la viga mediante las tablas de predimensionado del libro de "estructuras mixtas para la edificación"; obtenemos un perfil IPE 300 y una cabeza de hormigón de 600mm x 120 mm.



Pasando por el programa de cálculo Architrave los resultados son los siguientes, para la combinación de acciones y sección de la barra más desfavorable:



Comprobaremos las secciones para

$$M (+) = 37,16 \text{ KN}$$

$$M (-) = -74,14 \text{ KN}$$

$$V = 85,83 \text{ KN}$$

### 1. Comprobaciones

Momento flector positivo:  $M_{sd}$ : 37,16 KN

- Comprobación a resistencia

Debe satisfacer  $M_{sd} < M_{Rd}$

Para obtener el valor de  $M_{Rd}$  necesitamos saber la clase de sección para poder calcularlo en régimen plástico o elástico.

- Clase de sección

El ala se encuentra coaccionada por la clase cabeza de hormigón  $\longrightarrow$  Clase 1

Para el alma: Según la tabla 2.6 los IPE 300 son clase 1

Por tanto la sección será Clase 1 y calcularemos en régimen plástico.

- Obtención de  $M_{pl,Rd}$

- Posición de la fibra neutra

En el cálculo no se tendrán en cuenta las armaduras del hormigón. Se supone inicialmente que la fibra neutra se encuentra en la cabeza de hormigón.

Planteando el equilibrio:

$$A'c \times 0,85 \times \frac{fck}{\gamma_c} = Aa \times \frac{fy}{\gamma_a}$$

$$A'c = Zn \times 600 \text{ mm}^2$$

$$Aa = 5380 \text{ mm}^2$$

$$Zn \times 600 \times 0,85 \times \frac{30}{1,5} = 5380 \times \frac{275}{1,10}$$

$$10200 Zn = 1345000 \longrightarrow Zn = 131,86 \text{ mm}$$

La fibra neutra se encuentra en el perfil metálico por lo que se plantean de nuevo las ecuaciones de equilibrio

$$A'c \times 0,85 \times \frac{fck}{\gamma_c} + Aa1 \times \frac{fy}{\gamma_a} = Aa2 \times \frac{fy}{\gamma_a}$$

$$Aa1 + Aa2 = A = 5380$$

$$72000 \times 0,85 \times \frac{30}{1,5} + Aa1 \times \frac{275}{1,10} = (5380 - Aa1) \times \frac{275}{1,10} \longrightarrow Aa1 = 242 \text{ mm}^2$$

Área del ala:  $150 \times 10,7 = 1605 > 242 \text{ mm}^2$  la fibra neutra está en el ala del perfil

$$150 \times h = 242 \longrightarrow h = 1,61 \text{ mm}$$

Por tanto la fibra neutra se sitúa a 1,61 mm de la fibra superior del perfil metálico.

- Cálculo del c.d.g de Aa1 y Aa2

Aa1 se toman momentos estáticos respecto a la fibra superior del perfil

$$150 \times 1,16 \times \left(\frac{1,61}{2}\right) = 1605 \times Zcdg$$

$$Zcdg1 = 0,12 \text{ mm}$$

Aa2 se toman momentos estáticos respecto a la fibra inferior del perfil

$$150 \times 9,09 \times \left(\frac{9,09}{2} + 278,6 + 10,7\right) + 278,6 \times 7,1 \times \left(\frac{276,6}{2} + 10,7\right) + 150 \times 10,7 \times \left(\frac{10,7}{2}\right) = 4946,56 \times Zcdg$$

$$Zcdg2 = 141,71 \text{ mm}$$

$$M_{pl,RD} = A_c \times 0,85 \times \frac{f_{ck}}{\gamma_c} \times Z1 + A_a1 \times \frac{f_y}{\gamma_a} \times Z2$$

Siendo Z1: distancia entre el centro de gravedad de la cabeza de hormigón y el centro de gravedad de la sección de perfil traccionada

Siendo Z2: distancia de centros de gravedad entre el perfil traccionado y el perfil comprimido

$$M_{pl,RD} = 72000 \times 0,85 \times \frac{30}{1,5} \times 218 + 242 \times \frac{275}{1,10} \times 157,88 = 276383740 \text{ N mm}$$

$$M_{sd} = 37,16 \text{ Kn m} < M_{pl,Rd} = 276,38 \text{ Kn m} \longrightarrow \text{Cumple a flección positive}$$

- Esfuerzo cortante

$$V_{sd} = 85,83 \text{ KN}$$

$$V_{pl,Rd} = A_v \times \frac{f_y}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{\gamma_a}; A_v = A - 2 \times b \times t_f + (t_w + 2 \times r) \times t_f$$

Características de la sección IPE 300

$$b = 150 \text{ mm}$$

$$t_f = 10,7 \text{ mm}$$

$$t_w = 7,1 \text{ mm}$$

$$r = 15 \text{ mm}$$

$$A = 5380 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 5380 - 2 \times 150 \times 10,7 + (7,1 + 2 \times 15) \times 10,7 = 1773,03 \text{ mm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = 1773,03 \times \frac{275}{\sqrt{3}} \times \frac{1}{1,10} = 255914,83 \text{ N}$$

$$V_{sd} = 85,33 < V_{pl,Rd} = 255 \text{ KN} \longrightarrow \text{cumple}$$

- Interacción flector-cortante

No tiene sentido dado que los valores máximos de cortante y sección se producen en secciones distintas.

- Comprobación a abolladura del alma

Se debe verificar que las tensiones en el alma se mantienen inferiores a los valores que lo originan; en el caso de que el alma no está rigidizada ni embebida:  $\frac{d}{t_w} < 69 \varepsilon$

$$\frac{278,9}{7,1} < 69 \times \sqrt{\frac{235}{275}} \longrightarrow \text{Cumple por lo que no es necesario rigidizar el alma}$$

- Comprobación de la deformación de la viga

Limitación de flecha según tabla 3.5 "estructuras mixtas para la edificación"

$$F_{max} = L/250$$

Según el programa de cálculo "Architrave" para la combinación de acciones más desfavorable la  $F_{max} = 17 \text{ mm}$  con lo que cumple.

- Fisuración

$$\text{Cuantía geométrica mínima: } A_s > 0,04 \times A_c \times \frac{f_{cd}}{f_{sd}}$$

Dado que se trata de armadura mínima se dispondrán  $\Phi 12$

$$\text{Área} = \frac{\pi \times 12^2}{4} = 78,53 \text{ mm}^2$$

Con la limitación de cuantía mínima sería suficiente con dos redondos de  $\Phi 12$ , en cambio por separación entre armaduras dispondremos 3 en cada cara.

Armadura transversal:  $\Phi_t > \frac{1}{4} \times \Phi = 3$ ; la armadura transversal  $\Phi 6$

Separación de armadura transversal :  $s_t > 15 \times 12 = 180 \text{ mm}$

Dispondremos **Φ6 c 150mm**

- Comprobación del momento negativo

$$M_{RD} = -74,143 \text{ KN}$$

Clase de sección del alma : Clase 1

Clase de sección del ala

- o Ala exenta en compresión ( tabla 1.8)

$$\frac{c}{t_f} < 9\varepsilon$$

$75/10,7 < 8,32$  por lo que el ala es clase 1

La sección es clase 1 para momento negativo y el momento que agota la sección se calcula en régimen plástico

- Situación de la fibra neutra

Partimos de la hipótesis de que la FN se encuentra en el perfil metálico y por tanto todo el hormigón se encuentra traccionado.

$$A_s = 6 \times \frac{\pi \times 12^2}{4} = 678,58 \text{ mm}^2$$

$$A_a = 5380 \text{ mm}^2$$

$$A_s \times \frac{f_{sk}}{\gamma_s} + A_{a1} \times \frac{f_y}{\gamma_a} = A_{a2} \times \frac{f_y}{\gamma_a}$$

$$A_{a2} = 5380 - A_{a1}$$

$$678,58 \times \frac{500}{1,15} + A_{a1} \times \frac{275}{1,10} = (5380 - A_{a1}) \times \frac{275}{1,10}$$

$$A_{a1} = 2099,93 \text{ mm}^2$$

Area del ala =  $150 \times 10,7 = 1605 < 2099,93$  la FN está en el alma del perfil

$$1605 + 7,1 \times h = 2099,63 \longrightarrow h = 69,7 \text{ mm}$$

- o Centro de gravedad de la parte comprimida del perfil y de la parte traccionada.

El centro de gravedad de la parte traccionada del IPE 300 se obtiene tomando momentos estáticos respecto a la cara superior del perfil.

$$\left( 150 \times 10,7 \times \frac{10,7}{2} \right) + \left( 59 \times 7,1 \times \left( \frac{59}{2} + 10,7 \right) \right) = ( 150 \times 10,7 + 59 \times 7,1 ) \times Z_{cdg}$$

$Z_{cdg} = 30,88 \text{ mm}$  de la cara superior del perfil

El centro de gravedad de la parte comprimida del perfil respecto a la cara inferior del perfil

$$\left( 150 \times 10,7 \times \frac{10,7}{2} \right) + \left( 219,6 \times 7,1 \times \left( \frac{219,6}{2} + 10,7 \right) \right) = ( 150 \times 10,7 + 219,6 \times 7,1 ) \times Z_{cdg}$$

$Z_{cdg} = 62,09 \text{ mm}$  desde la cara inferior del perfil

$$M_{pl,RD} = A_s \times \frac{f_{sk}}{\gamma_c} \times Z_2 + A_{a1} \times \frac{f_y}{\gamma_a} \times Z_1$$

Siendo  $Z_1$ : distancia entre el centro de gravedad de la cabeza de hormigón y el centro de gravedad de la sección de perfil traccionada

Siendo  $Z_2$ : distancia de centros de gravedad entre el perfil traccionado y el perfil comprimido

$$M_{pl,RD} = 678,58 \times \frac{500}{1,15} \times 297,91 + 2099,93 \times \frac{275}{1,10} \times 207,03 = 196580939,1 \text{ Nmm}$$

$$M_{RD} = -74,143 \text{ Kn m} < -196,58 \text{ Kn m} = M_{pl,RD} \longrightarrow \text{Cumple a flexion negativa}$$

La sección de las vigas de la estructura mixta será: cabeza de hormigón: 600 x 120 mm  
Armadura: 6  $\Phi$ 12;  $\Phi$ <sub>t</sub>6 c 150 mm  
IPE 300

## 2. Uniones

El detalle de la unión propuesta es el siguiente:

