

Asignatura: Estructuras mixtas y de madera 2011-2012

Profesores: Jose Luís Pardo Ros
María Castaño Cerezo

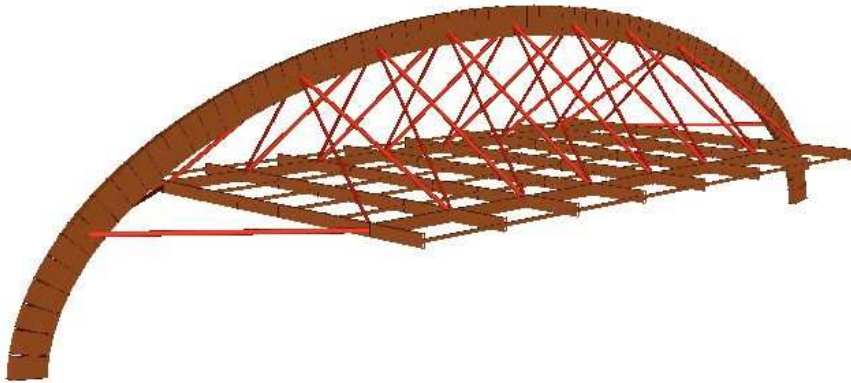
Alumno: Alicia Mancheño Mompó

Alicia Mancheño Mompó

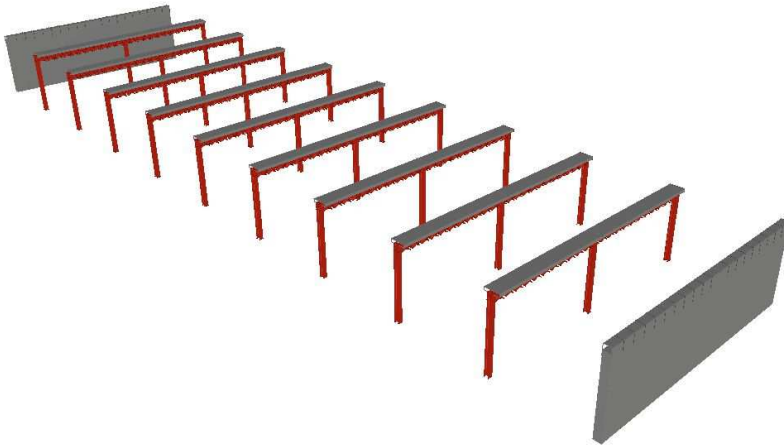
Índice

1. Estructura
2. Acciones y combinaciones
3. Modelizado y cálculo de solicitaciones, estructura de madera
 - 3.1 La estructura
 - 3.2 Dibujo
 - 3.3 Cálculo de solicitaciones
4. Dimensionado de la estructura de madera
 - 4.1 Introducción
 - 4.2 Arco
 - 4.3 Vigas principales
 - 4.4 Vigas secundarias
 - 4.5 Correas
5. Uniones
 - 5.1 Unión articulada arco-suelo
 - 5.2 Unión rígida prolongación de arco
 - 5.3 Unión articulada arco-tirantes
6. Resistencia al fuego
7. Modelización y cálculo de solicitaciones, estructura mixta
8. Dimensionado de la estructura mixta
9. Uniones
10. Anejo de cálculo

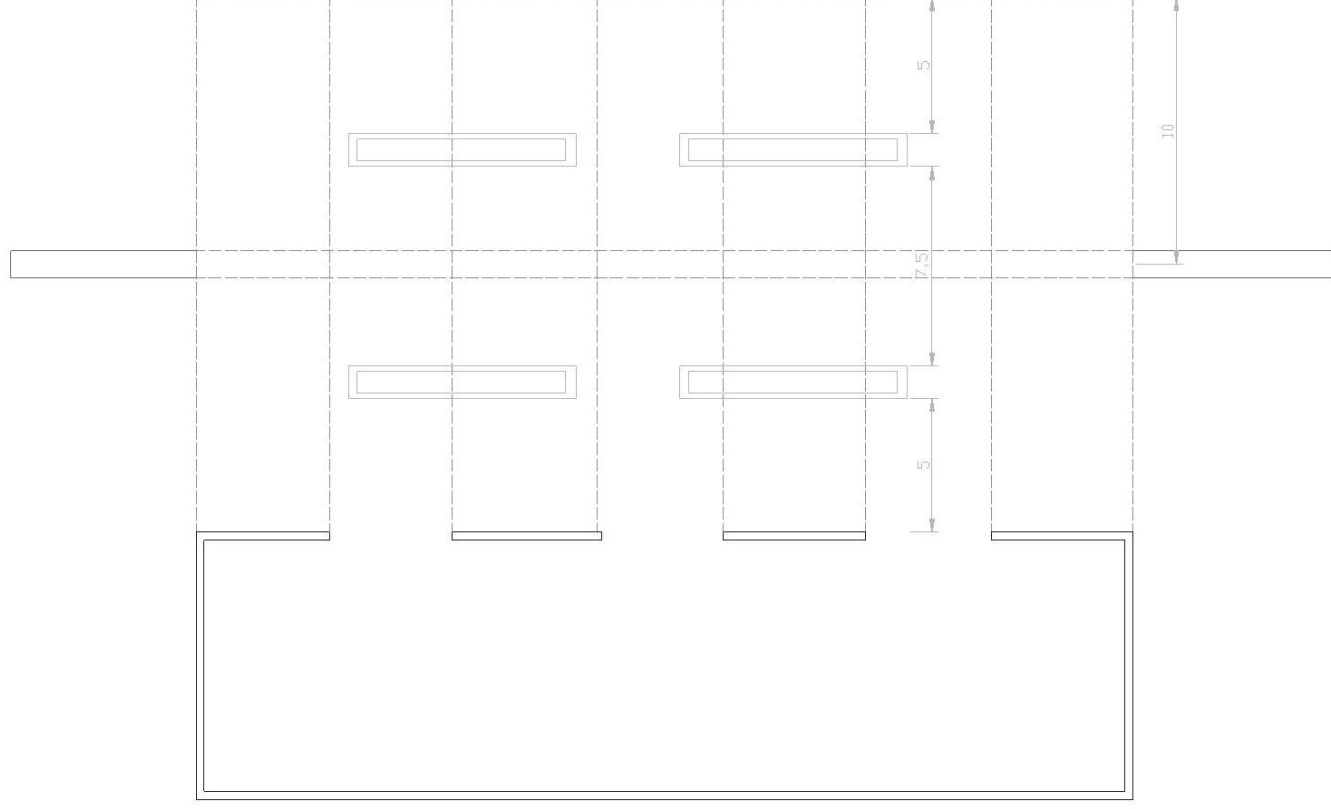
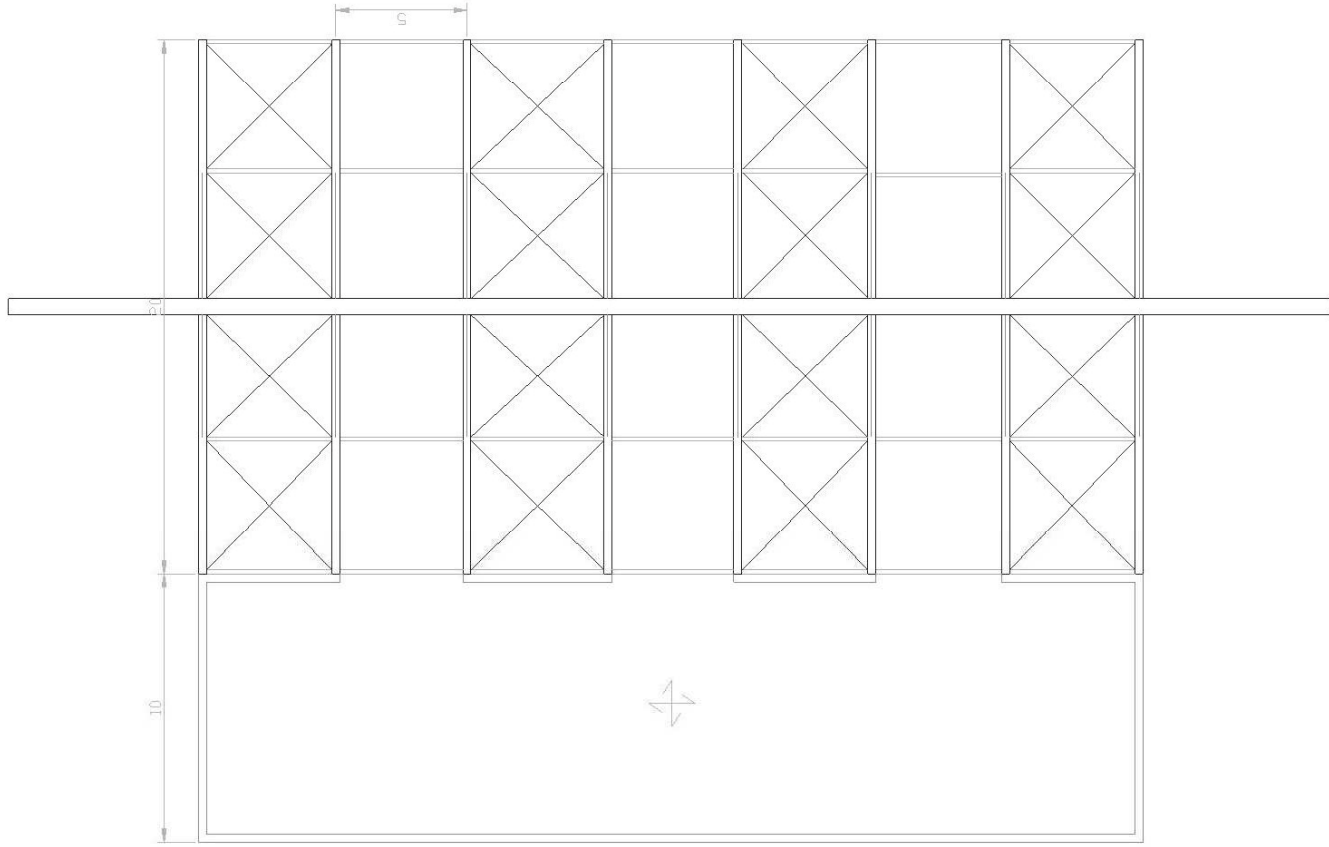
1. Estructura

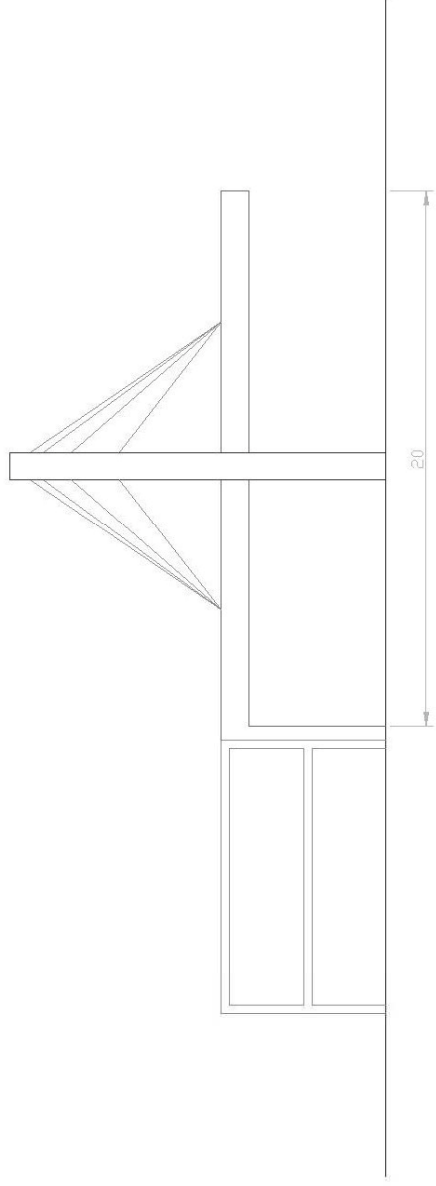
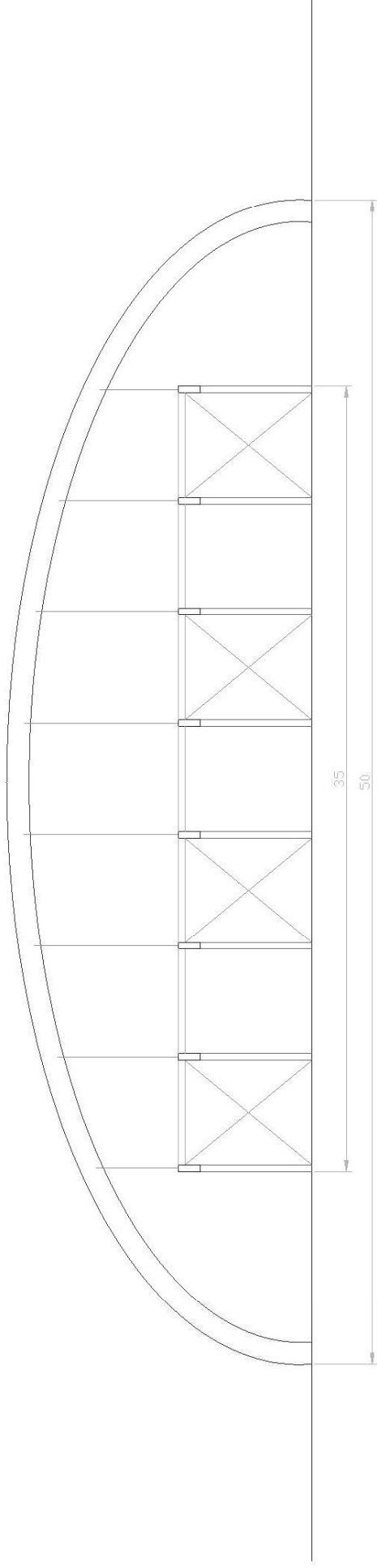


Estructura de madera

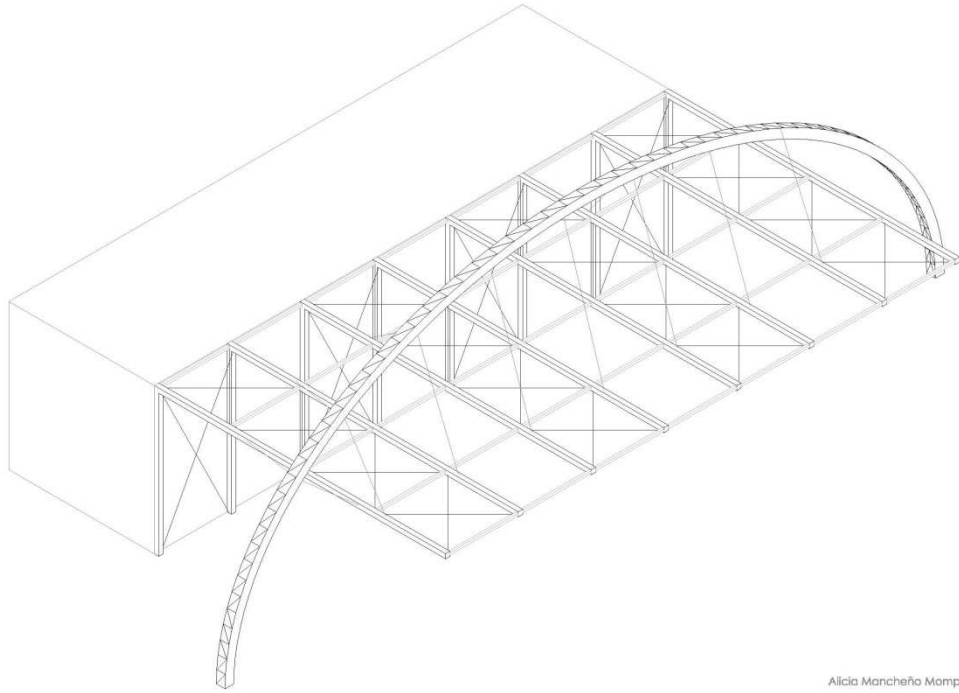


Estructura mixta acero-hormigón





03_GASOLINERA



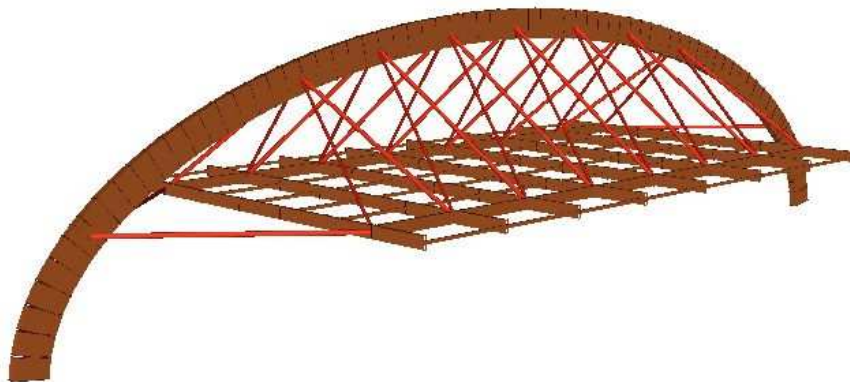
Alicia Mancheño Mompó

2. Cálculo de acciones y combinaciones

3. Modelizado y cálculo de solicitaciones

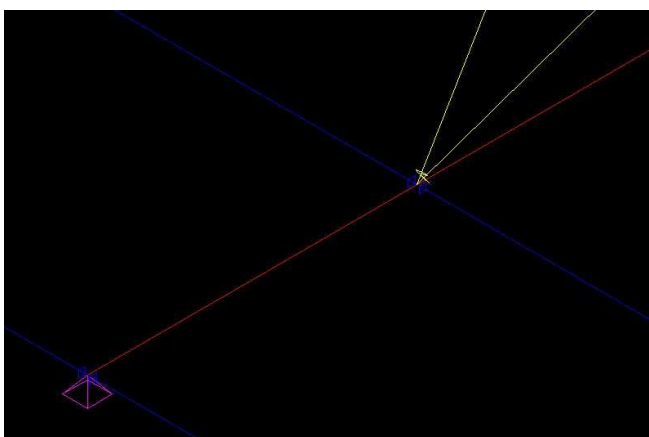
3.1 La estructura

Se trata de una marquesina de madera. Como se aprecia en la imagen. Se trata de 8 pórticos paralelos entre ellos. Son vigas de gran luz que forman, con la ayuda del arco y los tirantes, un gran voladizo. Por uno de los dos laterales la estructura se apoya sobre la tienda de la gasolinera, muros de hormigón armado que le confieren estabilidad a la estructura de madera. El arco, estable en su plano, atiranta las vigas y el voladizo mediante tirantes de acero. Los tirantes se dimensionan tanto para esfuerzos de tracción como de compresión, de esta manera el viento de succión puede ser absorbido. Con el arco queda garantizada la estabilidad en el plano perpendicular del pórtico. Por otra parte, la estabilidad en el plano paralelo al pórtico la estabilidad queda garantizada con dos vigas contraviento en la cubierta que bajan al suelo por los muros de hormigón armado de la tienda.



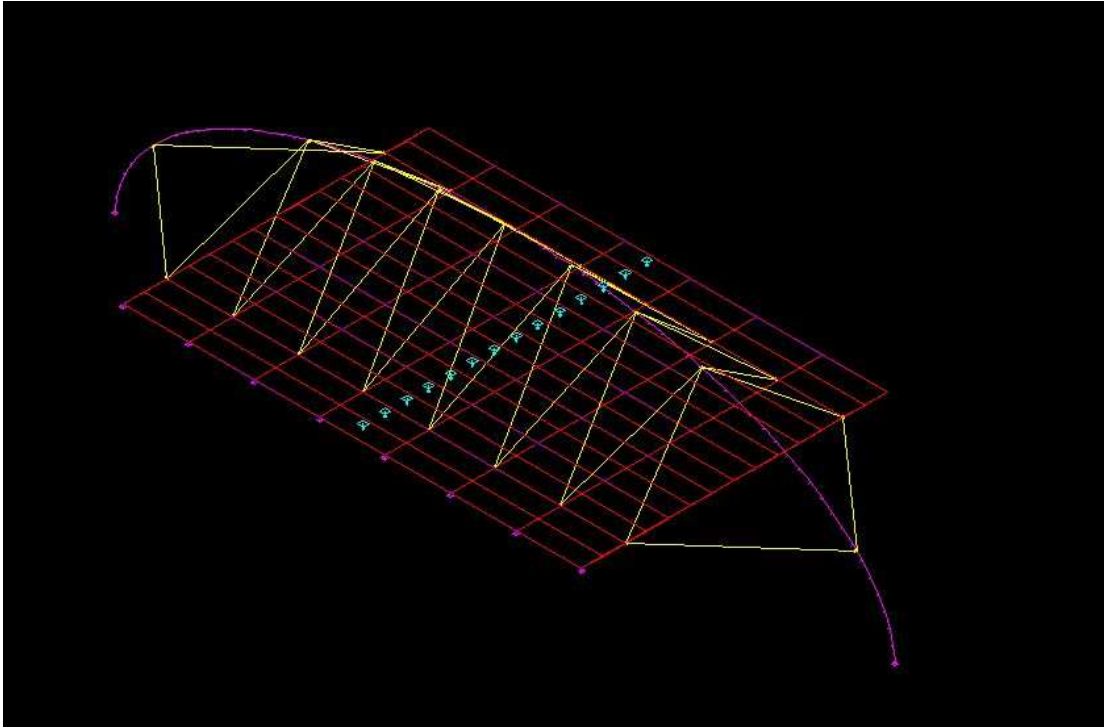
3.2 Dibujo

En el dibujo de "autocad" se modeliza la estructura de la siguiente manera: En uno de los extremos de la viga se colocan apoyos, éste extremo coincide con la situación del muro de hormigón armado de la tienda. Las vigas tienen una longitud de 30 metros y se le aplica una sección de madera GL28h de 240 x 750 mm. Las correas perpendiculares a la viga se unen a éstas mediante relajaciones del giro z en los dos extremos. Esta acción permite el giro independiente de una barra respecto de la otra. La sección de estas barras serán de 100 x 210 mm de madera GL28h. El arco de la estructura llega al suelo mediante dos apoyos y su sección es de 240 x 2000 mm. Por último los tirantes son perfiles de acero tubulares que se unen al arco y a la viga mediante relajaciones de giro z.



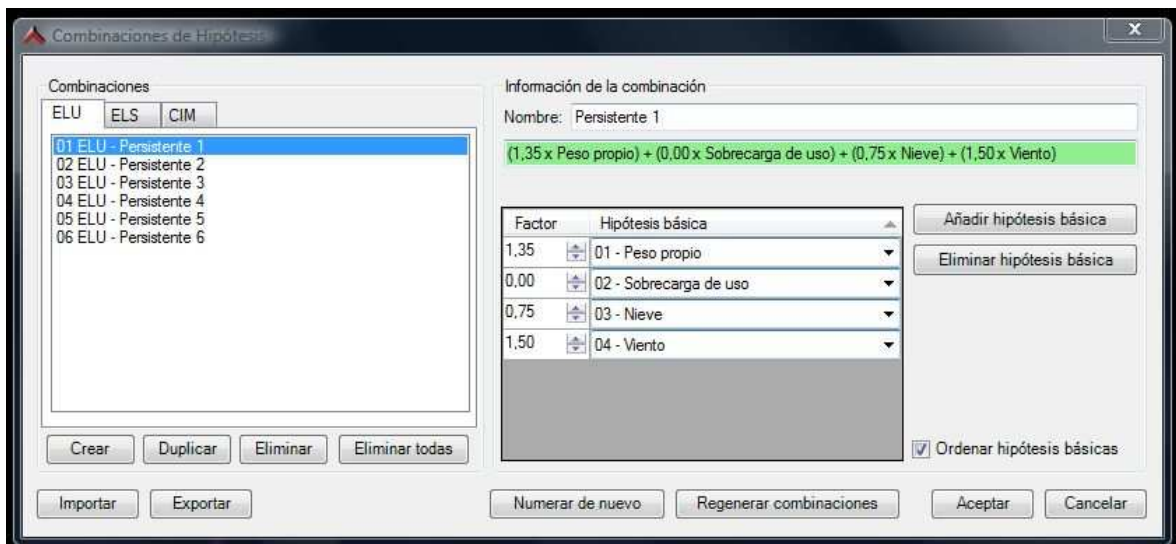
Relajaciones de giro z de tirantes y correas.

Por otra parte, se añaden las hipótesis de carga mediante paneles que reparten la carga, según el ámbito de carga, a las vigas. Puesto que el canto del arco es grande no se puede despreciar la influencia del viento sobre el canto y cómo reaccionará la estructura y los tirantes.

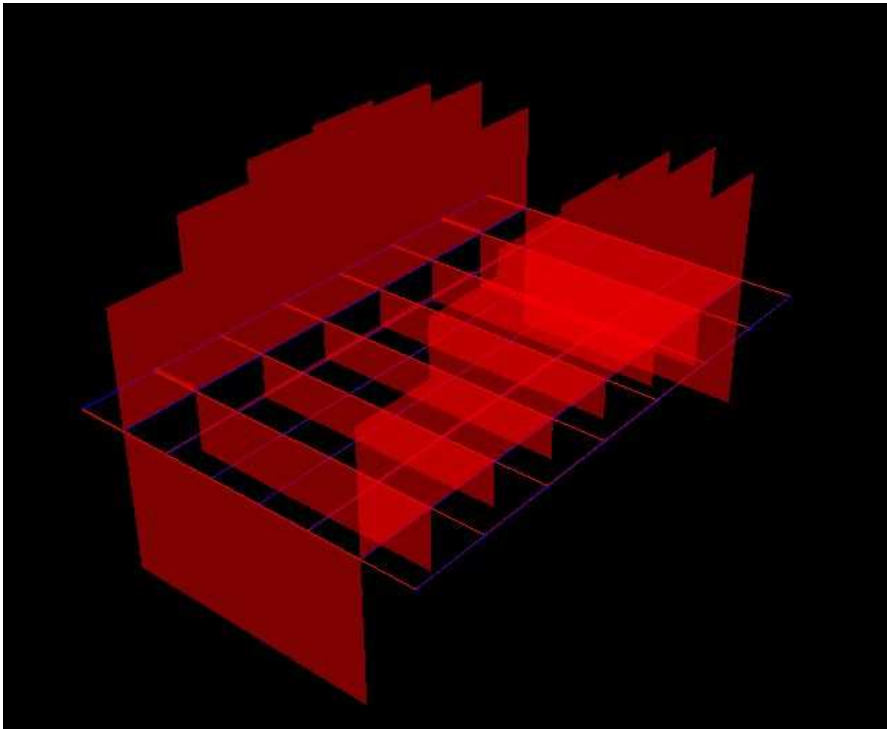


3.3 Cálculo de solicitaciones

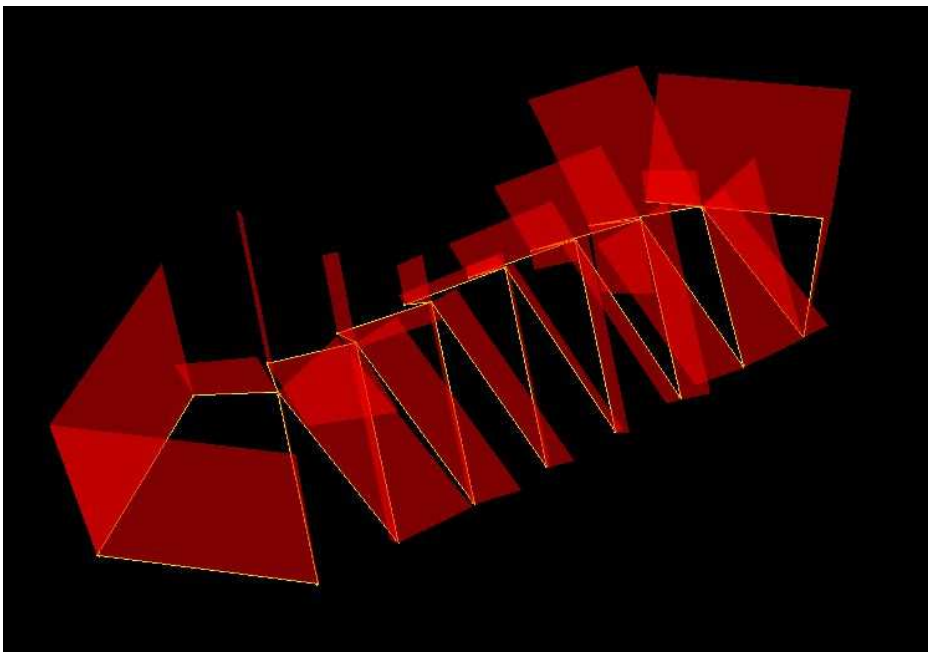
Una vez la estructura en el programa de cálculo corregimos las combinaciones que por defecto nos proporciona el programa. Para los estados límite últimos tenemos:



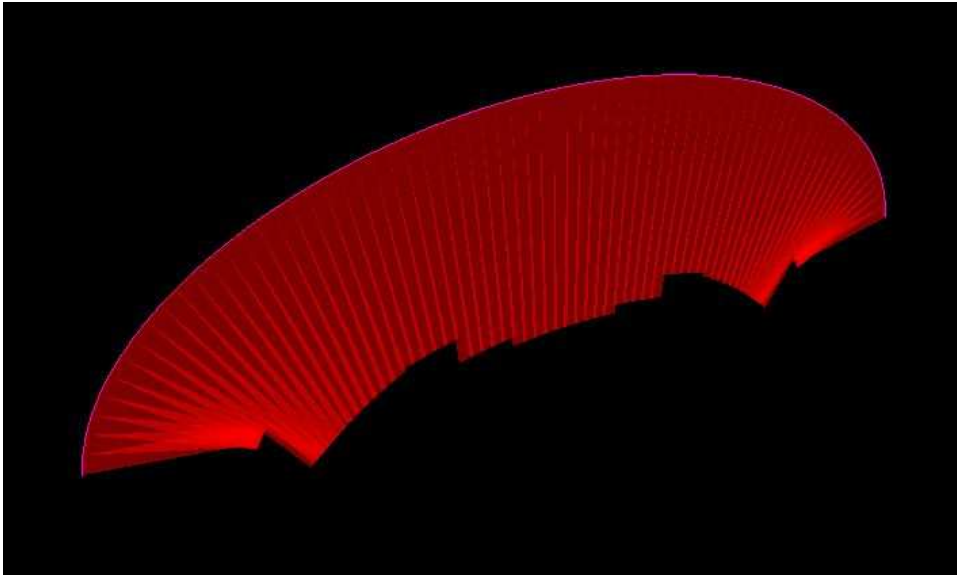
De esta manera obtenemos los siguientes diagramas:



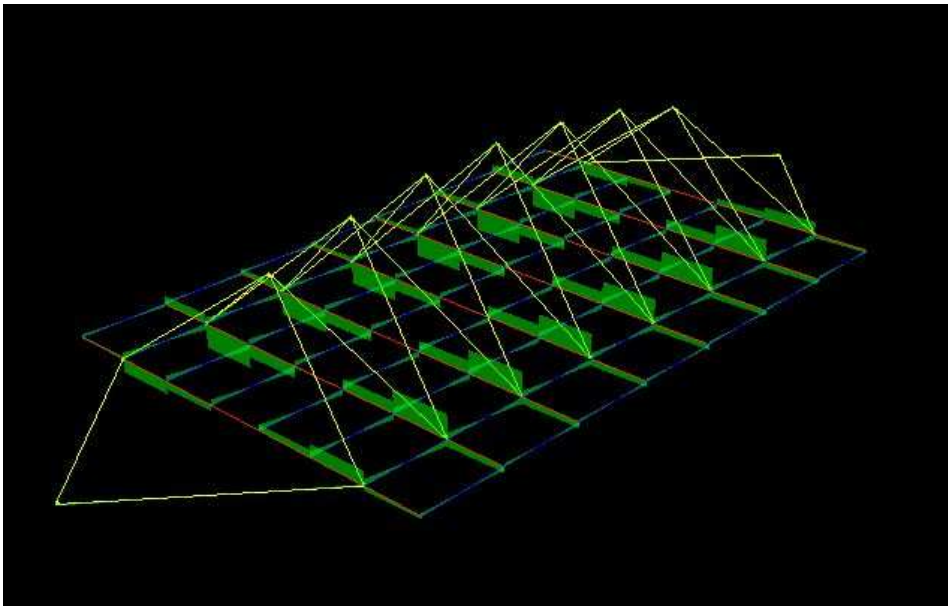
Axiles de barras



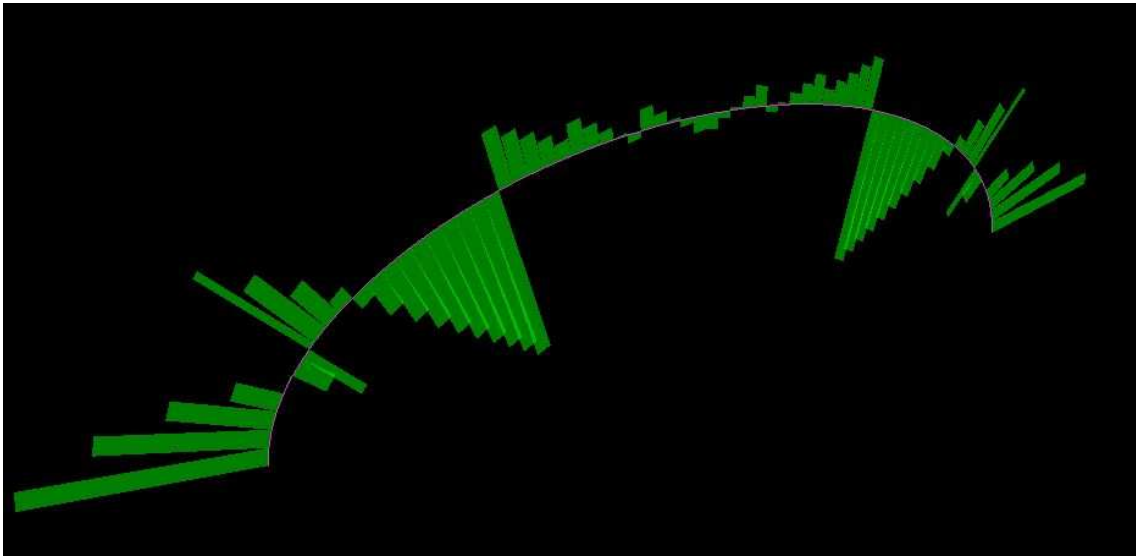
Axiles de tirantes



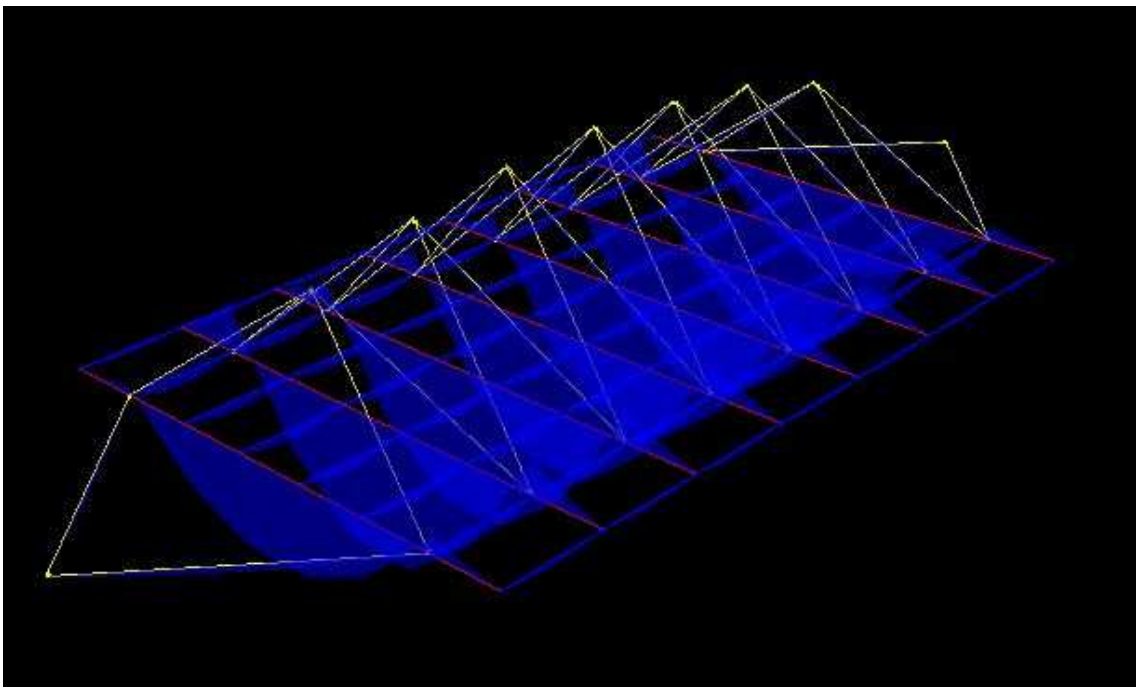
Axiles del arco



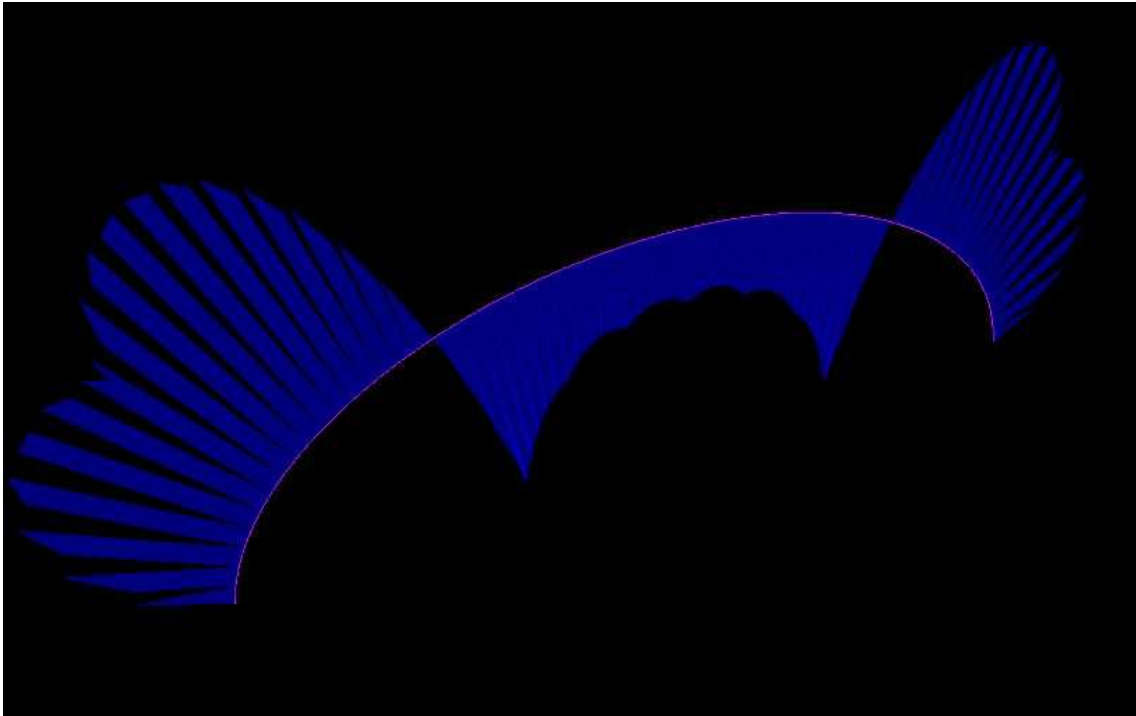
Cortantes de barras y tirantes. Se observa que los tirantes trabajan de forma correcta puesto que sólo quedan solicitados a esfuerzo axial.



Cortantes del arco



Momentos flectores de las barras y los tirantes



Momentos flectores del arco

Los esfuerzos máximos de cada elemento de la estructura son:¹

Vigas

Axil máximo: -542 KN
Cortante máximo: 80,6 KN
Momento negativo máximo: -79 KN . m
Momento positivo máximo: 395 KN .m

Correas:

Axil máximo: 14 KN
Cortante máximo: 20 KN
Momento flector máximo: 26 KN.m

Correas (1): ²

Axil máximo: 737 KN
Cortante máximo: 20KN
Momento flector máximo: 26KN.m

Tirantes:

Axil máximo: 645 KN

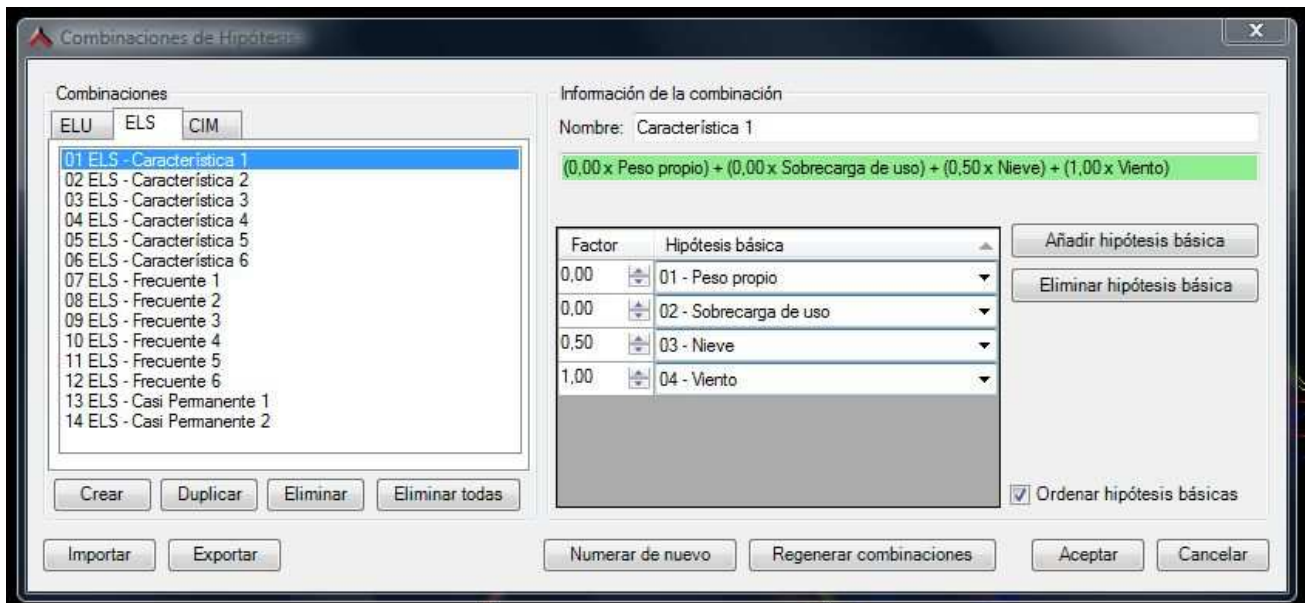
Arco:

Axil máximo: 2480 KN
Cortante máximo: 730 KN
Momento negativo máximo: -2650 Kn.m
Momento positivo máximo: 1944 Kn.m

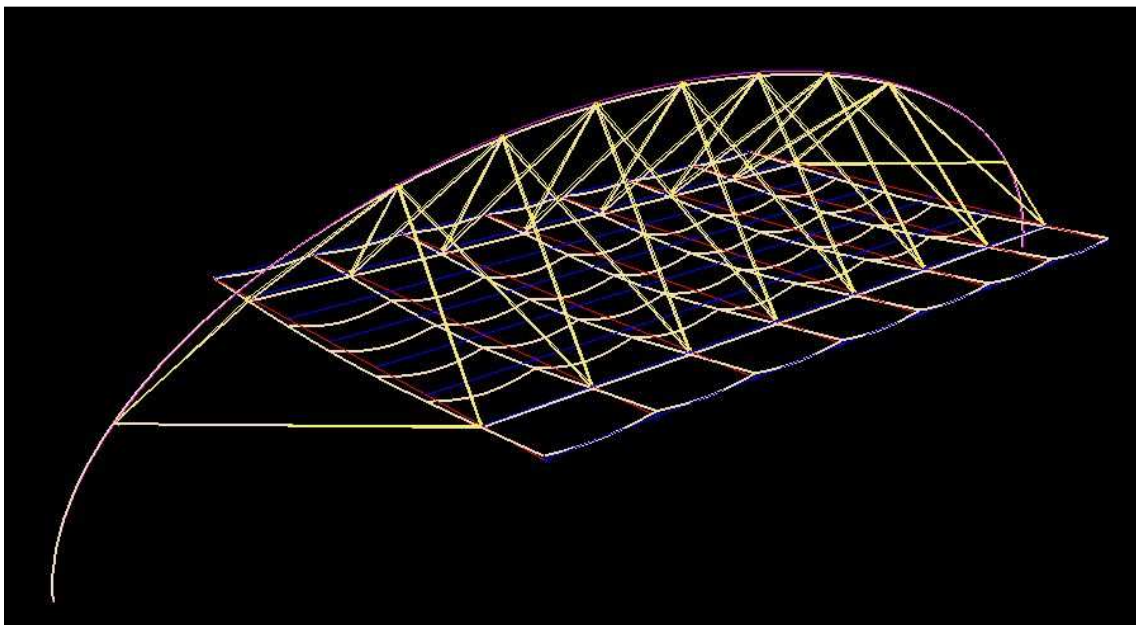
¹ Los esfuerzos de la estructura con la hipótesis del viento sobre el arco son menores

² Se unen con los tirantes y absorben la componente vertical de éstos por lo que el axil es mayor.

Para comprobar las deformaciones que experimenta la estructura también es necesario corregir las combinaciones. La flecha de la estructura que afecta a los elementos constructivos es la flecha diferida del peso propio desde el momento de la colocación de los paneles, es decir, durante la construcción de la estructura ésta empieza a deformar pero, al no ser que sea excesiva, esta no puede dañar los elementos constructivos, una vez colocados los paneles la flecha de la viga si puede afectar y dañarlos. También tendremos en cuenta flecha instantánea de los elementos constructivos así como la flecha diferida de la sobrecarga de uso.



Con esta solución obtenemos:

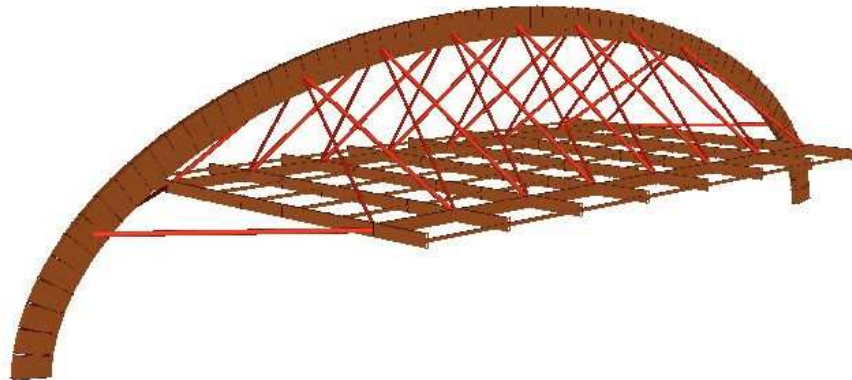


El arco experimenta una deformación de - 2,3 cm y la viga una flecha máxima de - 8.26 cm teniendo en cuenta la limitación del código técnico $L/300$: $30/300= 10\text{cm}$ por lo que cumple.

4. Dimensionado de la estructura de madera

4.1 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.



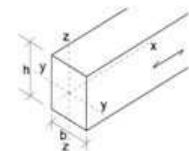
4.2 Arco

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 (mm)	h (mm)	A (mm²)	Wy (mm⁴)	Wz (mm⁴)
GL28h	240	1500	360000	90000000	14400000



duracion carga	clase de servicio	Kmod	γm
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 ²)	σc,0,d (N/mm ²)	σm,y,d (N/mm ²)	σm,z,d (N/mm ²)	Tzd (N/mm ²)	Tyd (N/mm ²)	σc,a,d (N/mm ²)	
0,00	6,88	3,79	0,00	0,15	0,00	0,00	
ft,0,k (N/mm ²)	fc,0,k (N/mm ²)	fm,y,k (N/mm ²)	fm,z,k (N/mm ²)	fv,z,k (N/mm ²)	fv,y,k (N/mm ²)	fc,90,k (N/mm ²)	
19,5	26,5	28	28	3,2	3,2	3	
ft,0,d (N/mm ²)	fc,0,d (N/mm ²)	fm,y,d (N/mm ²)	fm,z,d (N/mm ²)	fv,z,d (N/mm ²)	fv,y,d (N/mm ²)	fc,a,d (N/mm ²)	
14,04	19,08	20,16	20,16	2,30	2,30	2,16	
-	-	-	-	cumple	-	-	
0,00 %	36,05 %	18,79 %	0,00 %	6,45 %	0,00 %	0,00 %	

Myd, Mzd
-

Myd, Mzd, Nx(+)
-

Myd, Mzd, Nx(-)
cumple

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

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

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

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

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

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

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)

Madera <input type="checkbox"/>	b (mm)	h (mm)	A (mm²)	Wy (mm⁴)	Wz (mm⁴)		
GL28h	240	1500	360000	90000000	14400000		

duracion carga	clase de servicio	Kmod	γm
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 _{t,0,k} (N/mm2)	f _{c,0,k} (N/mm2)	f _{m,y,k} (N/mm2)	f _{m,z,k} (N/mm2)	f _{v,z,k} (N/mm2)	f _{v,y,k} (N/mm2)	f _{c,90,k} (N/mm2)	
19,5	26,5	28	28	3,2	3,2	3	
f _{t,0,d} (N/mm2)	f _{c,0,d} (N/mm2)	f _{m,y,d} (N/mm2)	f _{m,z,d} (N/mm2)	f _{v,z,d} (N/mm2)	f _{v,y,d} (N/mm2)	f _{c,a,d} (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 %	

Myd, Mzd	Myd, Mzd, Nx(+)	Myd, Mzd, Nx(-)
-	-	no cumple

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

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

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

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

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

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

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)

Madera <input type="checkbox"/>	b (mm)	h (mm)	A (mm²)	Wy (mm⁴)	Wz (mm⁴)		
GL28h	240	2000	480000	160000000	19200000		

duracion carga	clase de servicio	Kmod	γm
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 _{t,0,k} (N/mm2)	f _{c,0,k} (N/mm2)	f _{m,y,k} (N/mm2)	f _{m,z,k} (N/mm2)	f _{v,z,k} (N/mm2)	f _{v,y,k} (N/mm2)	f _{c,90,k} (N/mm2)	
19,5	26,5	28	28	3,2	3,2	3	
f _{t,0,d} (N/mm2)	f _{c,0,d} (N/mm2)	f _{m,y,d} (N/mm2)	f _{m,z,d} (N/mm2)	f _{v,z,d} (N/mm2)	f _{v,y,d} (N/mm2)	f _{c,a,d} (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 %	

Myd, Mzd	Myd, Mzd, Nx(+)	Myd, Mzd, Nx(-)
-	-	cumple

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

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

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

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

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

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

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

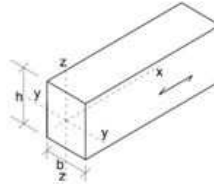
COMPROBACIÓN A ESTABILIDAD DE UNA SECCIÓN RECTANGULAR DE MADERA PARA EDIFICIOS ARRIOSTRADOS CTE DB SE-M (actualizado abril 2011)

Madera <input type="checkbox"/>	b (mm)	h (mm)	L barra (mm)	A (mm²)	iy (mm⁴)
GL28h	240	2000	15.000	480.000	577
	Wy (mm³)	Wz (mm³)	Iz (mm⁴)	Itor (mm⁴)	iz (mm⁴)
	160.000.000	19.200.000	2.304.000.000	8.519.270.400	69

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

Nxd (-) (N)	Myd (Nmm)	Mzd (Nmm)
2.164.000	1.962.965.000	
σc,0,d (N/mm²)	σm,y,d (N/mm²)	σm,z,d (N/mm²)
4,51	12,27	0,00
fc,0,k (N/mm²)	fm,y,k (N/mm²)	fm,z,k (N/mm²)
26,5	28	28
fc,0,d (N/mm²)	fm,y,d (N/mm²)	fm,z,d (N/mm²)
19,08	20,16	20,16

24 % resistencia 61 % resistencia 0 % resistencia



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

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
25,98	216,51
σc,crit,y (N/mm ²)	σc,crit,z (N/mm ²)
149,14	2,15
arel,y	arel,z
0,42	3,51
Ky	Kz
0,60	6,99
Xy	Xz
0,97	0,08
PANDEO TORSIONAL	
BETA _v	
0,95	-
σm,crit (N/mm ²)	
17,22	
arel,m	
1,28	
Kcrit	
0,60	

PANDEO FLEXIONAL_causa Nxd(-)

Nxd (-)	Nxd (-), Myd y/o Mzd
-	no cumple
0 %	85 %
0 %	351 %

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

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

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

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

PANDEO TORSIONAL_causa Myd

Myd	Myd, Nxd (-)
-	no cumple
0 %	410 %

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

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

Creative Commons 2009 Mariá Castaño Cerezo-Escuela 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 400mm x 2000mm

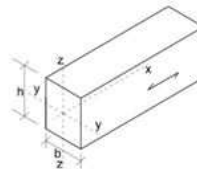
COMPROBACIÓN A ESTABILIDAD DE UNA SECCIÓN RECTANGULAR DE MADERA PARA EDIFICIOS ARRIOSTRADOS CTE DB SE-M (actualizado abril 2011)

Madera <input type="checkbox"/>	b (mm)	h (mm)	L barra (mm)	A (mm²)	iy (mm⁴)
GL28h	400	2000	15.000	800.000	577
	Wy (mm³)	Wz (mm³)	Iz (mm⁴)	Itor (mm⁴)	iz (mm⁴)
	266.666.667	53.333.333	10.666.666.667	37.290.666.667	115

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

Nxd (-) (N)	Myd (Nmm)	Mzd (Nmm)
2.164.000	1.962.965.000	
σc,0,d (N/mm²)	σm,y,d (N/mm²)	σm,z,d (N/mm²)
2,71	7,36	0,00
fc,0,k (N/mm²)	fm,y,k (N/mm²)	fm,z,k (N/mm²)
26,5	28	28
fc,0,d (N/mm²)	fm,y,d (N/mm²)	fm,z,d (N/mm²)
19,08	20,16	20,16

14 % resistencia 37 % resistencia 0 % resistencia



PANDEO FLEXIONAL_causa Nxd(-)

Nxd (-)	Nxd (-), Myd y/o Mzd
-	cumple
0 %	51 %
0 %	95 %

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

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

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

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

PANDEO TORSIONAL_causa Myd

Myd	Myd, Nxd (-)
-	cumple
0 %	83 %

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

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

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
25,98	129,90
σc,crit,y (N/mm ²)	σc,crit,z (N/mm ²)
149,14	5,97
arel,y	arel,z
0,42	2,11
Ky	Kz
0,60	2,90
Xy	Xz
0,97	0,20
PANDEO TORSIONAL	
BETA _v	
0,95	-
σm,crit (N/mm ²)	
46,51	
arel,m	
0,78	
Kcrit	
0,98	

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

4.3 Vigas principales³

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

GL28h

b (mm)	h (mm)	A (mm ²)	Wy (mm ⁴)	Wz (mm ⁴)
240	750	180000	22500000	7200000



duracion carga	clase de servicio	Kmod	γm
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	
-	-	-	-	cumple	-	-	
0,00 %	4,55 %	89,86 %	0,00 %	1,42 %	0,00 %	0,00 %	

Myd, Mzd
-

Myd, Mzd, Nx(+)
-

Myd, Mzd, Nx(-)
cumple

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

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 %

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

0,00 %

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

0,00 %

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

90,07 %

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

63,11 %

Creative Commons: 2009 María 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.

³ En este dimensionado deberíamos tener presente el esfuerzo axil a añadir por las imperfecciones, se deberían sumar 130 KN al axil de sollicitación para tener en cuenta la imperfección.

- Comprobación a inestabilidad

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

Madera	<input checked="" type="checkbox"/>
GL28h	

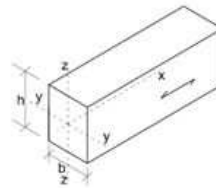
b (mm)	h (mm)	L barra (mm)	A (mm²)	iy (mm⁴)
240	800	20.000	192.000	231
Wy (mm³)	Wz (mm³)	Iz (mm⁴)	Itor (mm⁴)	iz (mm⁴)
25.600.000	7.680.000	921.600.000	2.989.670.400	69

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

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

Nxd (-) (N)	Myd (Nmm)	Mzd (Nmm)
156.159	407.627.000	
σc,0,d (N/mm²)	σm,y,d (N/mm²)	σm,z,d (N/mm²)
0,81	15,92	0,00
fc,0,k (N/mm²)	fm,y,k (N/mm²)	fm,z,k (N/mm²)
26,5	28	28
fc,0,d (N/mm²)	fm,y,d (N/mm²)	fm,z,d (N/mm²)
19,08	20,16	20,16

4 % resistencia 79 % resistencia 0 % resistencia



PANDEO FLEXIONAL	
flexión en Y (eje fuerte)	flexión en Z (eje débil)
nº apoyos intermedios	nº apoyos intermedios
0	6
βy	βz
1,0	1,0
ly	lz
88,60	41,24
σc,crit,y (N/mm ²)	σc,crit,z (N/mm ²)
13,42	59,19
λrel,y	λrel,z
1,41	0,67
Ky	Kz
1,60	0,76
Xy	Xz
0,42	0,89
PANDEO TORSIONAL	
BETA _v	
0,95	-
σm,crit (N/mm ²)	
211,68	
λrel,m	
0,36	
Kcrit	
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 %	89 %
0 %	60 %

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

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

PANDEO TORSIONAL_causa Myd

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

Myd	Myd, Nxd (-)
-	cumple
0 %	67 %

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

Creative Commons: 2009 María Castaño Cerezo-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 800 mm**

4.4 Vigas secundarias, barras trabajando mayoritariamente a esfuerzo axil (anclaje de los tirantes)

- Comprobación a resistencia

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

Madera	b (mm)	h (mm)	A (mm²)	Wy (mm⁴)	Wz (mm⁴)		
GL28h	240	300	72000	3600000	2880000		

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

Nxd (+) (N)	Nxd (-) (N)	Myd (Nmm)	Mzd (Nmm)	Tzd (N)	Tyd (N)	Nxd (-) (N) OBLICUA	α°
0	843.741	29.780.000	0	19.854	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	11,72	8,27	0,00	0,41	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	
-	-	-	-	cumple	-	-	
0,00 %	61,42 %	41,03 %	0,00 %	17,95 %	0,00 %	0,00 %	

Myd, Mzd	Myd, Mzd, Nx(+)	Myd, Mzd, Nx(-)
-	-	cumple

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

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 %

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

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 inestabilidad

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

Madera	b (mm)	h (mm)	L barra (mm)	A (mm²)	iy (mm⁴)		
GL28h	240	500	6.000	120.000	144		

Wy (mm³)	Wz (mm³)	Iz (mm⁴)	Itor (mm⁴)	iz (mm⁴)
10.000.000	4.800.000	576.000.000	1.607.270.400	69

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

Nxd (-) (N)	Myd (Nmm)	Mzd (Nmm)
843.741	29.780.000	
σc,0,d (N/mm²)	σm,y,d (N/mm²)	σm,z,d (N/mm²)
7,03	2,98	0,00
fc,0,k (N/mm²)	fm,y,k (N/mm²)	fm,z,k (N/mm²)
26,5	28	28
fc,0,d (N/mm²)	fm,y,d (N/mm²)	fm,z,d (N/mm²)
19,08	20,16	20,16

37 % resistencia 15 % resistencia 0 % resistencia

PANDEO FLEXIONAL	
flexión en Y (eje fuerte)	flexión en Z (eje débil)
n° apoyos intermedios	n° apoyos intermedios
0	0
βy	βz
1,0	1,0
ly	lz
41,57	86,60
σc,crit,y (N/mm ²)	σc,crit,z (N/mm ²)
58,26	13,42
λrel,y	λrel,z
0,67	1,41
Ky	Kz
0,76	1,60
Xy	Xz
0,89	0,42

PANDEO TORSIONAL	
BETA _v	-
0,95	-
σm,crit (N/mm ²)	149,58
λrel,m	0,43
Kcrit	1,00

PANDEO FLEXIONAL_causa Nxd(-)

Nxd (-)	Nxd (-), Myd y/o Mzd
-	cumple
0 %	56 %
0 %	97 %

PANDEO TORSIONAL_causa Myd

Myd	Myd, Nxd (-)
-	cumple
0 %	89 %

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

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

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

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

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

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

Sección de las vigas secundarias: **240mm x 500mm**

4.5 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 (mm)	h (mm)	A (mm²)	Wy (mm⁴)	Wz (mm⁴)
GL28h	200	200	40000	1333333,333	1333333,333



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

Nxd (+) (N)	Nxd (-) (N)	Myd (Nmm)	Mzd (Nmm)	Tzd (N)	Tyd (N)	Nxd (-) (N) OBLICUA	α°
0	21.392	26.119.000	0	19.854	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,α,d (N/mm²)	
0,00	0,53	19,59	0,00	0,74	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,α,d (N/mm²)	
14,04	19,08	20,16	20,16	2,30	2,30	2,16	
-	-	-	-	cumple	-	-	
0,00 %	2,80 %	97,17 %	0,00 %	32,31 %	0,00 %	0,00 %	

Myd, Mzd	Myd, Mzd, Nx(+)	Myd, Mzd, Nx(-)
-	-	cumple

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

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)

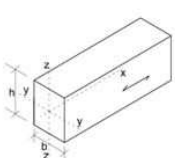
- Comprobación a inestabilidad

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 (mm)	h (mm)	L barra (mm)	A (mm²)	iy (mm⁴)
GL28h	200	300	6.000	60.000	87
	Wy (mm³)	Wz (mm³)	Iz (mm⁴)	ltor (mm⁴)	iz (mm⁴)
	3.000.000	2.000.000	200.000.000	464.000.000	58

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

Nxd (-) (N)	Myd (Nmm)	Mzd (Nmm)
21.392	26.119.000	
σc,0,d (N/mm²)	σm,y,d (N/mm²)	σm,z,d (N/mm²)
0,36	8,71	0,00
fc,0,k (N/mm²)	fm,y,k (N/mm²)	fm,z,k (N/mm²)
26,5	28	28
fc,0,d (N/mm²)	fm,y,d (N/mm²)	fm,z,d (N/mm²)
19,08	20,16	20,16



flexión en Y (eje fuerte)		flexión en Z (eje débil)	
n° apoyos intermedios	0	n° apoyos intermedios	0
βy	1,0	βz	1,0
ly	69,28	lz	103,92
σc,crit,y (N/mm ²)	20,97	σc,crit,z (N/mm ²)	9,32
Arel,y	1,12	Arel,z	1,69
Ky	1,21	Kz	2,06
Xy	0,60	Xz	0,31

PANDEO TORSIONAL	
BETAv	0,95
σm,crit (N/mm ²)	157,86
Arel,m	0,42
Kcrit	1,00

PANDEO FLEXIONAL_causa Nxd(-)

Nxd (-)	Nxd (-), Myd y/o Mzd
0 %	cumple
0 %	46 %
0 %	36 %

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

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

PANDEO TORSIONAL_causa Myd

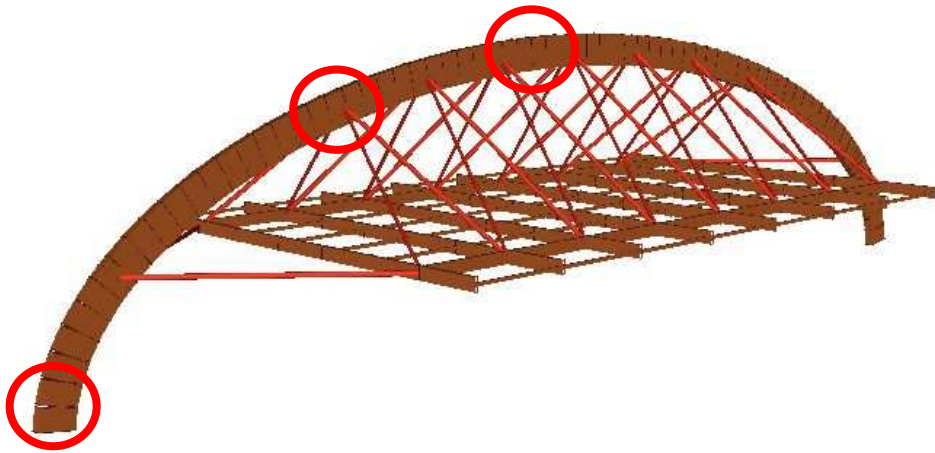
Myd	Myd, Nxd (-)
0 %	cumple
	25 %

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

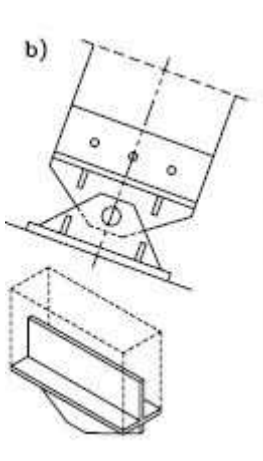
Creative Commons: 2009 María Castaño Cerezo-Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia-"Estructuras de madera"-NORMATIVA CTE DB-SE-M (ESPAÑA)

Se da por válida la sección de **200mm x 300mm**

5 Uniones



5.1 Unión articulada arco-suelo



CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA CARACTERÍSTICA POR PLANO DE CORTANTE Y POR ELEMENTO DE FIJACIÓN $F_{v,rk}$

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA CARACTERÍSTICA POR PLANO DE CORTANTE Y POR ELEMENTO DE FIJACIÓN $F_{v,rk}$					cortadura
					dobles madera
Clavija	L (mm)	d (mm)	f_u (N/mm ²)	$M_{y,rk}$ (Nmm)	$F_{v,rk}$ (N)
pernos	400	36	600	2.002.899	-
400 -					
Madera	e (mm)	α	t (mm)	$f_{h,k}$ (N/mm ²)	$F_{v,rk}$ (N)
GL28h	190	0	190	21,52	75.371
-					
Placa Acero	e (mm)	f_y (N/mm ²)	$F_{v,rk}$ (N) Placa de acero		$F_{v,rk}$ (N)
S275	20	275	104.940		-

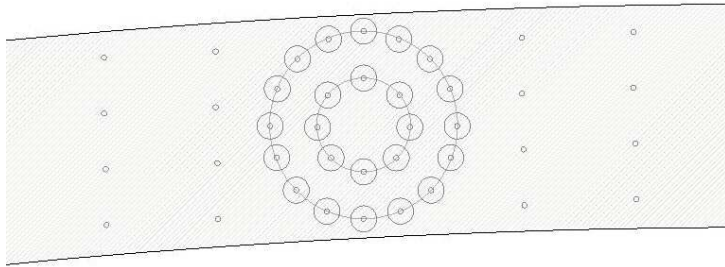
DISPOSICIONES CONSTRUCTIVAS DE LAS CLAVIJAS EN LA MADERA

a1 (mm)	a2 (mm)	a3t (mm)	a3c (mm)	a4t (mm)	a4c (mm)	Pretaladro (mm)
180	144	252	144	108	108	37

Creative Commons - 2003 María Castaño Cerezo-Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia-ASIGNATURA "Estructuras de madera"- NORMATIVA CTE DB-3E-M (ESPAÑA)

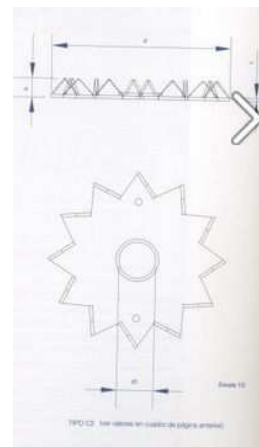
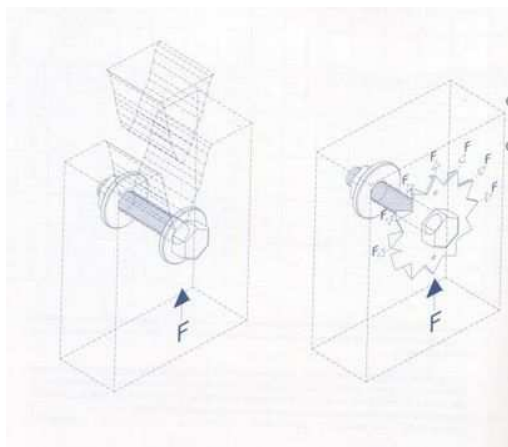
Según el archivo de cálculo la sollicitación que deben soportar es un axil de 1340KN y un cortante de 540KN, puesto que el arco mantiene una inclinación la sollicitación final es de 1444KN, si cada perno soporta 75391N; necesitaríamos 20 pernos para soportar la sollicitación en el apoyo. Puesto que en la dirección de la viga deben estar separados una longitud igual a 180mm, los pernos se distribuirían uniformemente en dos filas a lo largo del canto de la pieza ocupando una longitud de 1440mm.

5.2 Unión rígida prolongación de arco

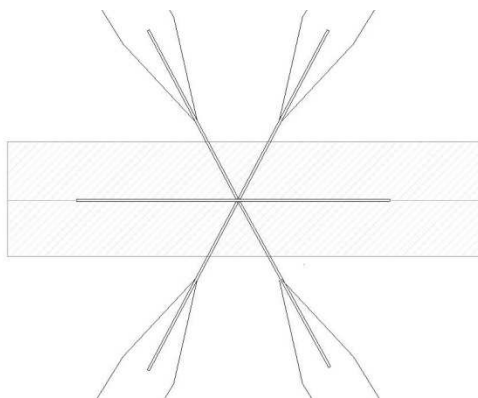


Puesto que la longitud del arco es mucho más grande del máximo para el transporte decidimos cortarla y hacer una unión de prolongación de arco. Unión que necesita poder transmitir momentos. Por tanto se decide este tipo de unión donde la fuerza admisible de cada perno por su brazo mecánico nos dará el momento que la unión es capaz de transmitir. Esta unión debe tener el mismo espesor de la pieza, esto es 400mm. Por otro lado, necesitamos de pasadores que unan las dos secciones de 200mm 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.

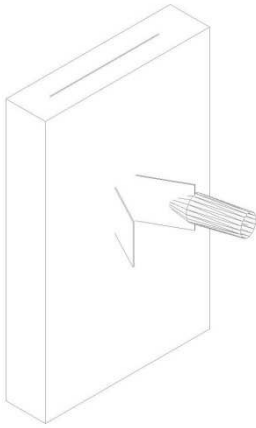


5.3 Unión articulada arco-tirantes



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.



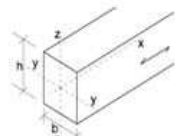
5 Resistencia al fuego

Una vez calculada la sección eficaz (sección real menos 50mm por borde) volvemos al programa de cálculo. Comprobación a resistencia al fuego:

Comprobamos la sección del arco (300x1900) en la sección de mayor momento y para la combinación más desfavorable, en este caso la del viento de presión.

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

Madera	b (mm)	h (mm)	A (mm ²)	Wy (mm ⁴)	Wz (mm ⁴)
GL28h	300	1900	570000	180500000	28500000



duracion carga	clase de servicio	Kmod	γm
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	1.612.000	1.762.760.000	0	19.854	0	0	0
σt,0,d N/mm ²	σc,0,d N/mm ²	σm,y,d N/mm ²	σm,z,d N/mm ²	Tzd N/mm ²	Tyd N/mm ²	σc,a,d N/mm ²	
0,00	2,83	9,77	0,00	0,05	0,00	0,00	
ft,0,k (N/mm ²)	fc,0,k (N/mm ²)	fm,y,k (N/mm ²)	fm,z,k (N/mm ²)	fv,z,k (N/mm ²)	fv,y,k (N/mm ²)	fc,90,k (N/mm ²)	
19,5	26,5	28	28	3,2	3,2	3	
ft,0,d (N/mm ²)	fc,0,d (N/mm ²)	fm,y,d (N/mm ²)	fm,z,d (N/mm ²)	fv,z,d (N/mm ²)	fv,y,d (N/mm ²)	fc,a,d (N/mm ²)	
14,04	19,08	20,16	20,16	2,30	2,30	2,16	
-	-	-	-	cumple	-	-	-
0,00 %	14,82 %	48,44 %	0,00 %	2,27 %	0,00 %	0,00 %	

Myd, Mzd	Myd, Mzd, Nx(+)	Myd, Mzd, Nx(-)
-	-	cumple

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

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

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

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}}}{f_{m,y,d} + f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 50,64 \%$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1 \quad 36,11 \%$$

©restivo Comone 2003 Moria Casteño Cerezo-Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia- "Estructuras de maderas"- NORMATIVA CTE DB-SE-M (ESPAÑA)

En la comprobación a inestabilidad la sección eficaz no cumple, por lo que se debería cambiar la sección o comprobarla para una resistencia al fuego de 30; RF-30, teniendo en cuenta que es una gasolinera sin muchos obstáculos que impidan la rápida evacuación, estimar un tiempo de 30 min de evacuación no sería del todo inviable.

Comprobación de la sección de las vigas principales (240 x 800mm)

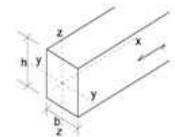
COMPROBACIONES A RESISTENCIA DE UNA SECCIÓN RECTANGULAR DE MADERA (actualización: abril 2011)

Madera

GL28h

b (mm)	h (mm)	A (mm ²)	Wy (mm ⁴)	Wz (mm ⁴)
240	800	192000	25600000	7680000

duracion carga	clase de servicio	Kmod	γm
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	109.675	273.064.000	0	19.854	0	0	0
σ _{t,0,d} (N/mm ²)	σ _{c,0,d} (N/mm ²)	σ _{m,y,d} (N/mm ²)	σ _{m,z,d} (N/mm ²)	T _{z,d} (N/mm ²)	T _{y,d} (N/mm ²)	σ _{c,a,d} (N/mm ²)	
0,00	0,57	10,57	0,00	0,16	0,00	0,00	
f _{t,0,k} (N/mm ²)	f _{c,0,k} (N/mm ²)	f _{m,y,k} (N/mm ²)	f _{m,z,k} (N/mm ²)	f _{v,z,k} (N/mm ²)	f _{v,y,k} (N/mm ²)	f _{c,90,k} (N/mm ²)	
19,5	26,5	28	28	3,2	3,2	3	
f _{t,0,d} (N/mm ²)	f _{c,0,d} (N/mm ²)	f _{m,y,d} (N/mm ²)	f _{m,z,d} (N/mm ²)	f _{v,z,d} (N/mm ²)	f _{v,y,d} (N/mm ²)	f _{c,a,d} (N/mm ²)	
14,04	19,08	20,16	20,16	2,30	2,30	2,16	
-	-	-	-	cumple	-	-	
0,00 %	2,99 %	52,91 %	0,00 %	6,73 %	0,00 %	0,00 %	

Myd, Mzd

-

Myd, Mzd, Nx(+)

-

Myd, Mzd, Nx(-)

cumple

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

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 %

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

53,00 %

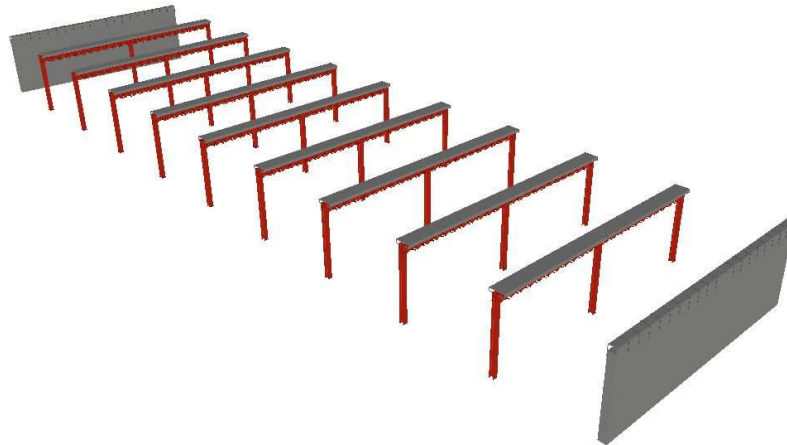
$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

37,13 %

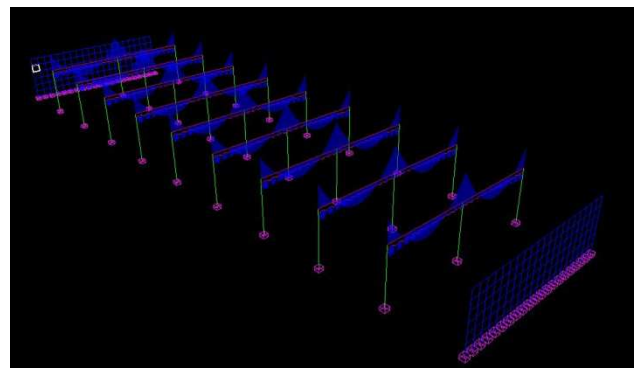
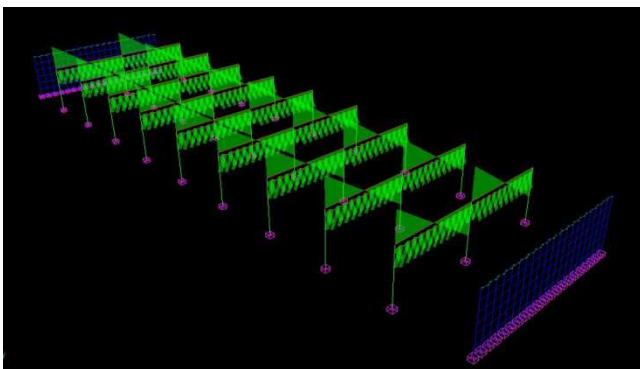
Creative Commons 2008 María Castroño Cerezo-Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Valencia "Estructuras de madera" - NORMATIVA CTE DB-SE-M (ESPAÑA)

6 Modelizado y cálculo de solicitaciones, 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

$$\begin{aligned} M (+) &= 37,16 \text{ KN} \\ M (-) &= -74,14 \text{ KN} \\ V &= 85,83 \text{ KN} \end{aligned}$$

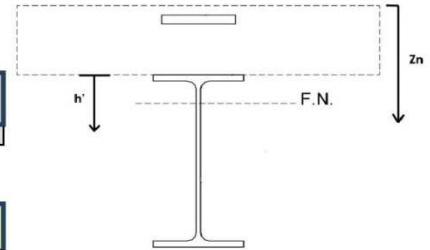
La deformación máxima que puede sufrir la estructura es $L/250$ según e CTE, en nuestro caso la flecha máxima permitida será igual a $5000/250 = 20 \text{ mm}$, según el programa e cálculo Architrave la deformación máxima de la viga es de 17mm y se produce en el centro de vano de la viga, cumple la restricción de flechas del CTE.

7 Dimensionado de la estructura mixta

RÉGIMEN PLÁSTICO DE LA ESTRUCTURA MIXTA

DATOS

VIGA	HORMIGÓN (N/mm ²)	b _n (mm)	h _n (mm)	ACERO estruct. (N/mm ²)	ACERO armar (N/mm ²)	n	φ (mm)	RECUB. MECANICO (mm)
IPE 300	30	600	120	275	500	6	12	35



FLEXION POSITIVA

* CLASE DE SECCIÓN ALMA	* CLASE DE SECCIÓN ALA	F.N.	Z _n (mm)	Z _{cdg1} (mm)	Z _{cdg2} (mm)	Z ₁ (mm)	Z ₂ (mm)	M _{pl,LD} (KN.m)	
CLASE 1	CLASE 1	F.N. HORMIGÓN	SI	102,94	-----	-----	218,53	235,00	298,78
		F.N. PERFIL ALA	NO	-----	-----	-----	-----	-----	-----
		F.N. PERFIL ALMA	NO	-----	-----	-----	-----	-----	-----

FLEXION NEGATIVA

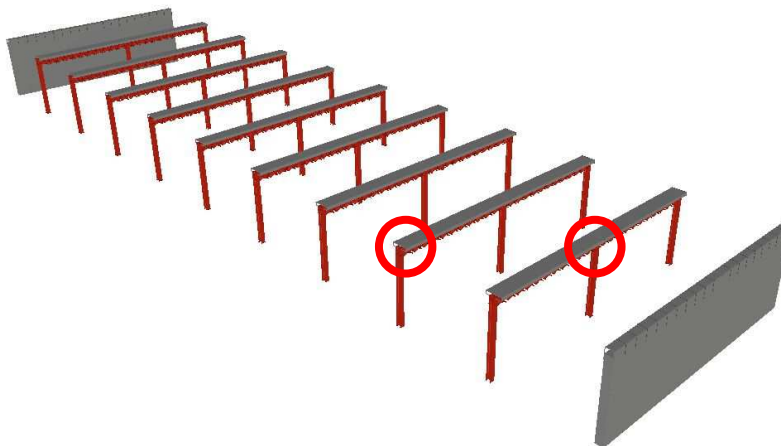
* CLASE DE SECCIÓN ALMA	* CLASE DE SECCIÓN ALA	F.N.	h' (mm)	Z _{cdg1} (mm)	Z _{cdg2} (mm)	Z ₁ (mm)	Z ₂ (mm)	M _{pl,LD} (KN.m)
CLASE 1	CLASE 1	F.N. PERFIL ALA	NO	-----	-----	-----	-----	-----
		F.N. PERFIL ALMA	SI	80,41	14,83	54,68	205,11	330,32

* Esta tabla no será válida para perfiles de CLASE 3 o CLASE 4.

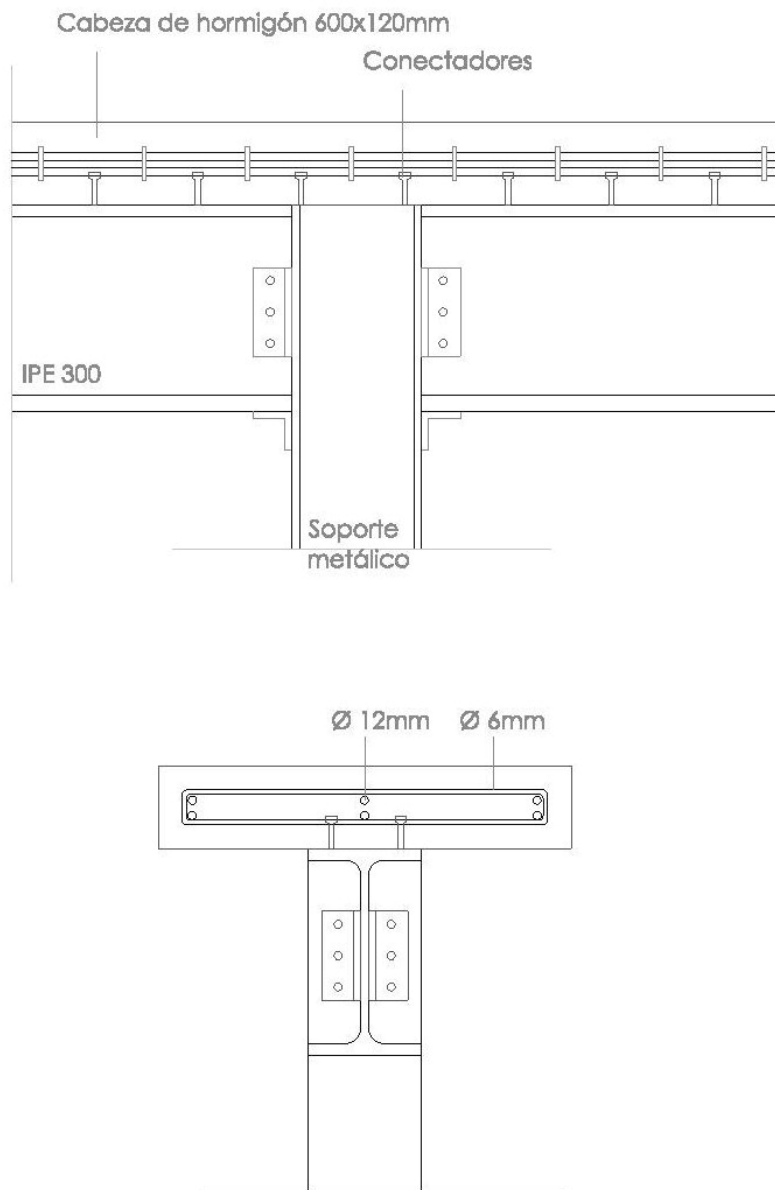
Enrique Grancha
Javier López
2012 Estructuras mixtas y de madera ETSAV (Universidad Politécnica de Valencia)

Según la tabla de cálculo Excel el Momento máximo positivo capaz de soportar la sección propuesta es de 298,78KN.m siendo el momento de 37,16KN el más desfavorable de la estructura. En flexión negativa el momento capaz de soportar la sección es de 205,14Kn.m siendo el momento de 74,14KN.m el más desfavorable de la estructura. Por tanto la sección propuesta cumple.

8 Uniones



El detalle de la unión propuesta es el siguiente; en la unión de viga-soporte-viga se propone una unión rígida.



La unión en soportes de fachada o medianera no existe continuidad, por tanto se trata de una unión articulada.



9 Anejo de cálculo

Comprobación de la sección

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 $M_{pl,Rd}$

- o 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.

- o 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: $\frac{d}{t_w} < 69 \epsilon$

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

- 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.

Armatura 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 **$\Phi 6$ 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 Φ 12; Φ 6 c 150 mm
IPE 300