ÍNDICE

1.- DATOS DE OBRA..... 2
1.1.- Normas consideradas..... 2
1.2.- Estados límite..... 2
1.2.1.- Situaciones de proyecto..... 2
1.2.2.- Combinaciones..... 3

2.- ESTRUCTURA..... 5
2.1.- Geometría..... 5
2.1.1.- Barras..... 5
2.2.- Cargas..... 9
2.2.1.- Barras..... 9
2.3.- Resultados..... 13
2.3.1.- Barras..... 13

3.- CIMENTACIÓN..... 226
3.1.- Elementos de cimentación aislados..... 226
3.1.1.- Descripción..... 226
3.1.2.- Medición..... 227
3.1.3.- Comprobación..... 230
3.2.- Vigas..... 250
3.2.1.- Descripción..... 250
3.2.2.- Medición..... 250
3.2.3.- Comprobación..... 253

1.- DATOS DE OBRA

1.1.- Normas consideradas

Cimentación: EHE-08

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

Madera: CTE DB SE-M

1.2.- Estados límite

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones E.L.U. de rotura. Acero laminado E.L.U. de rotura. Madera	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Tensiones sobre el terreno Desplazamientos	Acciones características

1.2.1.- Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Con coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i>1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sin coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Donde:

G_k Acción permanente
P_k Acción de pretensado
Q_k Acción variable
γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes
γ_P Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado
$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal
$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento
$\psi_{p,1}$ Coeficiente de combinación de la acción variable principal
$\psi_{a,i}$ Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones: EHE-08 / CTE DB-SE C

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Viento (Q)	0.000	1.600	1.000	0.600

E.L.U. de rotura. Acero laminado: CTE DB SE-A
E.L.U. de rotura. Madera: CTE DB SE-M

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600

Tensiones sobre el terreno

Característica		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000

Desplazamientos

Característica		
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000

1.2.2.- Combinaciones

- **Nombres de las hipótesis**

PP	Peso propio
CM 1	CM 1
Vy	Vy
Vx	Vx

- **E.L.U. de rotura. Hormigón en cimentaciones**

Comb.	PP	CM 1	Vy	Vx
1	1.000	1.000		
2	1.600	1.000		
3	1.000	1.600		
4	1.600	1.600		
5	1.000	1.000	1.600	
6	1.600	1.000	1.600	
7	1.000	1.600	1.600	
8	1.600	1.600	1.600	
9	1.000	1.000		1.600
10	1.600	1.000		1.600
11	1.000	1.600		1.600
12	1.600	1.600		1.600

- **E.L.U. de rotura. Acero laminado**
- **E.L.U. de rotura. Madera**

Comb.	PP	CM 1	Vy	Vx
1	0.800	0.800		
2	1.350	0.800		
3	0.800	1.350		
4	1.350	1.350		
5	0.800	0.800	1.500	
6	1.350	0.800	1.500	
7	0.800	1.350	1.500	
8	1.350	1.350	1.500	
9	0.800	0.800		1.500
10	1.350	0.800		1.500
11	0.800	1.350		1.500
12	1.350	1.350		1.500

- **Tensiones sobre el terreno**
- **Desplazamientos**

Comb.	PP	CM 1	Vy	Vx
1	1.000	1.000		
2	1.000	1.000	1.000	
3	1.000	1.000		1.000

2.- ESTRUCTURA

2.1.- Geometría

2.1.1.- Barras

2.1.1.1.- Materiales utilizados

Materiales utilizados							
Material		E (MPa)	ν	G (MPa)	f_y (MPa)	α_{-t} (m/m°C)	γ (kN/m³)
Tipo	Designación						
Acero laminado	S275	210000.00	0.300	81000.00	275.00	0.000012	77.01
Madera	C24	11000.00	-	690.00	-	0.000005	4.12

Notación:
E: Módulo de elasticidad
ν: Módulo de Poisson
G: Módulo de cortadura
f_y: Límite elástico
α_t: Coeficiente de dilatación
γ: Peso específico

2.1.1.2.- Descripción

Descripción												
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	$Lb_{Sup.}$ (m)	$Lb_{Inf.}$ (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
Acero laminado	S275	N1/N2	N1/N2	250.160.8 (250.160.8)	-	2.595	0.080	1.00	1.00	-	-
		N2/N3	N2/N3	250.160.8 (250.160.8)	0.080	2.590	0.080	1.00	1.00	-	-
		N3/N4	N3/N4	250.160.8 (250.160.8)	0.080	0.820	-	1.00	1.00	-	-
		N4/N54	N4/N5	2x120.50.5 (120.50.5)	-	2.140	-	1.00	1.00	-	-
		N54/N5	N4/N5	2x120.50.5 (120.50.5)	-	2.675	-	1.00	1.00	-	-
		N6/N7	N6/N7	250.160.8 (250.160.8)	-	2.595	0.080	1.00	1.00	-	-
		N7/N8	N7/N8	250.160.8 (250.160.8)	0.080	2.590	0.080	1.00	1.00	-	-
		N8/N9	N8/N9	250.160.8 (250.160.8)	0.080	0.820	-	1.00	1.00	-	-
		N10/N11	N10/N11	250.160.8 (250.160.8)	-	2.595	0.080	1.00	1.00	-	-
		N11/N12	N11/N12	250.160.8 (250.160.8)	0.080	2.590	0.080	1.00	1.00	-	-
		N12/N13	N12/N13	250.160.8 (250.160.8)	0.080	0.820	-	1.00	1.00	-	-
		N14/N15	N14/N15	250.160.8 (250.160.8)	-	2.595	0.080	1.00	1.00	-	-
		N15/N16	N15/N16	250.160.8 (250.160.8)	0.080	2.590	0.080	1.00	1.00	-	-
		N17/N18	N17/N18	250.160.8 (250.160.8)	-	2.595	0.080	1.00	1.00	-	-
		N18/N19	N18/N19	250.160.8 (250.160.8)	0.080	2.590	0.080	1.00	1.00	-	-

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	$Lb_{Sup.}$ (m)	$Lb_{Inf.}$ (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
		N20/N21	N20/N21	250.100.8 (250.100.8)	-	2.595	0.080	1.00	1.00	-	-
		N22/N23	N22/N23	250.100.8 (250.100.8)	-	2.595	0.080	1.00	1.00	-	-
		N23/N18	N23/N18	160.160.8 (160.160.8)	0.050	1.700	0.080	1.00	1.00	-	-
		N7/N2	N7/N21	160.160.8 (160.160.8)	0.080	3.330	0.080	1.00	1.00	-	-
		N2/N11	N7/N21	160.160.8 (160.160.8)	0.080	3.330	0.080	1.00	1.00	-	-
		N11/N15	N7/N21	160.160.8 (160.160.8)	0.080	3.070	0.080	1.00	1.00	-	-
		N15/N21	N7/N21	160.160.8 (160.160.8)	0.080	1.700	0.050	1.00	1.00	-	-
		N19/N8	N19/N8	160.160.8 (160.160.8)	0.080	3.070	0.080	1.00	1.00	-	-
		N8/N3	N8/N3	160.160.8 (160.160.8)	0.080	3.330	0.080	1.00	1.00	-	-
		N3/N12	N3/N12	160.160.8 (160.160.8)	0.080	3.330	0.080	1.00	1.00	-	-
		N12/N16	N12/N16	160.160.8 (160.160.8)	0.080	3.070	0.080	1.00	1.00	-	-
		N23/N26	N23/N26	250.100.8 (250.100.8)	0.080	1.831	-	1.00	1.00	-	-
		N27/N19	N27/N19	160.160.8 (160.160.8)	-	0.655	0.080	1.00	1.00	-	-
		N19/N25	N19/N25	250.160.8 (250.160.8)	0.080	0.484	-	1.00	1.00	-	-
		N9/N29	N9/N29	2x120.50.5 (120.50.5)	-	2.140	-	1.00	1.00	-	-
		N21/N32	N21/N32	250.100.8 (250.100.8)	0.080	1.831	-	1.00	1.00	-	-
		N16/N33	N16/N33	160.160.8 (160.160.8)	0.080	0.655	-	1.00	1.00	-	-
		N16/N31	N16/N31	250.160.8 (250.160.8)	0.080	0.484	-	1.00	1.00	-	-
		N13/N35	N13/N35	2x120.50.5 (120.50.5)	-	2.140	-	1.00	1.00	-	-
		N36/N37	N36/N37	250.100.8 (250.100.8)	-	2.595	0.080	1.00	1.00	-	-
		N37/N38	N37/N38	250.100.8 (250.100.8)	0.080	3.095	-	1.00	1.00	-	-
		N39/N40	N39/N40	250.160.8 (250.160.8)	-	2.595	0.080	1.00	1.00	-	-
		N40/N41	N40/N41	250.160.8 (250.160.8)	0.080	3.095	-	1.00	1.00	-	-
		N42/N43	N42/N43	250.160.8 (250.160.8)	-	2.595	0.080	1.00	1.00	-	-
		N43/N44	N43/N44	250.160.8 (250.160.8)	0.080	3.095	-	1.00	1.00	-	-
		N45/N46	N45/N46	250.160.8 (250.160.8)	-	2.595	0.080	1.00	1.00	-	-
		N46/N47	N46/N47	250.160.8 (250.160.8)	0.080	3.095	-	1.00	1.00	-	-
		N48/N49	N48/N49	250.100.8 (250.100.8)	-	2.595	0.080	1.00	1.00	-	-

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	$Lb_{Sup.}$ (m)	$Lb_{Inf.}$ (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
		N49/N50	N49/N50	250.100.8 (250.100.8)	0.080	3.095	-	1.00	1.00	-	-
		N37/N40	N37/N49	160.160.8 (160.160.8)	0.050	2.930	0.080	1.00	1.00	-	-
		N40/N43	N37/N49	160.160.8 (160.160.8)	0.080	3.330	0.080	1.00	1.00	-	-
		N43/N46	N37/N49	160.160.8 (160.160.8)	0.080	3.330	0.080	1.00	1.00	-	-
		N46/N49	N37/N49	160.160.8 (160.160.8)	0.080	2.940	0.050	1.00	1.00	-	-
Madera	C24	N9/N4	N9/N4	S-280x160 (Maciza h280)	-	3.490	-	1.00	1.00	-	-
		N4/N13	N4/N13	S-280x160 (Maciza h280)	-	3.490	-	1.00	1.00	-	-
		N24/N26	N24/N5	GL-700x260 (Laminada b260)	-	0.347	-	1.00	1.00	-	-
		N26/N27	N24/N5	GL-700x260 (Laminada b260)	-	1.379	-	1.00	1.00	-	-
		N27/N25	N24/N5	GL-700x260 (Laminada b260)	-	0.926	-	1.00	1.00	-	-
		N25/N28	N24/N5	GL-700x260 (Laminada b260)	-	0.553	-	1.00	1.00	-	-
		N28/N29	N24/N5	GL-700x260 (Laminada b260)	-	3.517	-	1.00	1.00	-	-
		N29/N5	N24/N5	GL-700x260 (Laminada b260)	-	4.397	-	1.00	1.00	-	-
		N28/N9	N28/N9	S-280x160 (Maciza h280)	-	2.791	-	1.00	1.00	-	-
		N30/N32	N30/N5	GL-700x260 (Laminada b260)	-	0.347	-	1.00	1.00	-	-
		N32/N33	N30/N5	GL-700x260 (Laminada b260)	-	1.379	-	1.00	1.00	-	-
		N33/N31	N30/N5	GL-700x260 (Laminada b260)	-	0.926	-	1.00	1.00	-	-
		N31/N34	N30/N5	GL-700x260 (Laminada b260)	-	0.553	-	1.00	1.00	-	-
		N34/N35	N30/N5	GL-700x260 (Laminada b260)	-	3.517	-	1.00	1.00	-	-
		N35/N5	N30/N5	GL-700x260 (Laminada b260)	-	4.397	-	1.00	1.00	-	-
		N13/N34	N13/N34	S-280x160 (Maciza h280)	-	2.791	-	1.00	1.00	-	-

Descripción											
Material		Barra (Ni/Nf)	Pieza (Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)			β_{xy}	β_{xz}	$Lb_{Sup.}$ (m)	$Lb_{Inf.}$ (m)
Tipo	Designación				Indeformable origen	Deformable	Indeformable extremo				
		N4/N35	N4/N35	160.160 (160.160)	-	4.094	-	1.00	1.00	-	-
		N4/N29	N4/N29	160.160 (160.160)	-	4.094	-	1.00	1.00	-	-
		N21/N52	N21/N37	GL-700x260 (Laminada b260)	-	0.275	-	1.00	1.00	-	-
		N52/N37	N21/N37	GL-700x260 (Laminada b260)	-	0.275	-	1.00	1.00	-	-
		N51/N38	N51/N50	GL-700x260 (Laminada b260)	-	0.275	-	1.00	1.00	-	-
		N38/N41	N51/N50	GL-700x260 (Laminada b260)	-	3.060	-	1.00	1.00	-	-
		N41/N44	N51/N50	GL-700x260 (Laminada b260)	-	3.490	-	1.00	1.00	-	-
		N44/N47	N51/N50	GL-700x260 (Laminada b260)	-	3.490	-	1.00	1.00	-	-
		N47/N50	N51/N50	GL-700x260 (Laminada b260)	-	3.070	-	1.00	1.00	-	-
		N53/N23	N53/N23	GL-700x260 (Laminada b260)	-	0.275	-	1.00	1.00	-	-

Notación:
Ni: Nudo inicial
Nf: Nudo final
β_{xy}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'
β_{xz}: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'
$Lb_{Sup.}$: Separación entre arriostramientos del ala superior
$Lb_{Inf.}$: Separación entre arriostramientos del ala inferior

2.1.1.3.- Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N1/N2, N2/N3, N3/N4, N6/N7, N7/N8, N8/N9, N10/N11, N11/N12, N12/N13, N14/N15, N15/N16, N17/N18, N18/N19, N19/N25, N16/N31, N39/N40, N40/N41, N42/N43, N43/N44, N45/N46 y N46/N47
2	N4/N5, N9/N29 y N13/N35
3	N20/N21, N22/N23, N23/N26, N21/N32, N36/N37, N37/N38, N48/N49 y N49/N50
4	N23/N18, N7/N21, N19/N8, N8/N3, N3/N12, N12/N16, N27/N19, N16/N33 y N37/N49
5	N9/N4, N4/N13, N28/N9 y N13/N34
6	N24/N5, N30/N5, N21/N37, N51/N50 y N53/N23
7	N4/N35 y N4/N29

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A (cm²)	Avy (cm²)	Avz (cm²)	Iyy (cm4)	Izz (cm4)	It (cm4)
Tipo	Designación								
Acero laminado	S275	1	250.160.8, (250.160.8)	60.23	20.27	32.27	5014.66	2527.45	5644.00
		2	120.50.5, Doble con unión genérica, (120.50.5) Separación entre los perfiles: 160.0 / 160.0 mm Perfiles independientes	29.80	7.50	19.17	472.88	3404.31	341.21
		3	250.100.8, (250.100.8)	50.63	12.27	32.27	3609.12	854.91	2430.69
		4	160.160.8, (160.160.8)	45.83	20.27	20.27	1695.70	1695.70	2893.01
Madera	C24	5	S-280x160, (Maciza h280)	448.00	373.33	373.33	29269.33	9557.33	24371.20
		6	GL-700x260, (Laminada b260)	1820.00	1516.67	1516.67	743166.67	102526.67	310703.12
		7	160.160, (160.160)	256.00	213.33	213.33	5461.33	5461.33	9175.04

Notación:
Ref.: Referencia
A: Área de la sección transversal
Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'
Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'
Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'
Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'
It: Inercia a torsión
Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

2.2.- Cargas

2.2.1.- Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- Cargas puntuales: kN
- Momentos puntuales: kN·m.
- Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N1/N2	Peso propio	Uniforme	0.464	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N2	Vy	Uniforme	2.320	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N1/N2	Vx	Uniforme	2.320	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N2/N3	Peso propio	Uniforme	0.464	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N3	Vy	Uniforme	2.900	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N2/N3	Vx	Uniforme	2.900	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N3/N4	Peso propio	Uniforme	0.464	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N3/N4	Vy	Uniforme	2.900	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N3/N4	Vx	Uniforme	2.900	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N4/N54	Peso propio	Uniforme	0.230	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N54	Vy	Uniforme	3.340	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N4/N54	Vx	Uniforme	3.340	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N54/N5	Peso propio	Uniforme	0.230	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N54/N5	Vy	Uniforme	2.500	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N54/N5	Vx	Uniforme	2.500	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N6/N7	Peso propio	Uniforme	0.464	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N6/N7	Vy	Uniforme	2.270	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N6/N7	Vx	Uniforme	2.270	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N7/N8	Peso propio	Uniforme	0.464	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N8	Vy	Uniforme	2.840	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N7/N8	Vx	Uniforme	2.840	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N8/N9	Peso propio	Uniforme	0.464	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N8/N9	Vy	Uniforme	2.840	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N8/N9	Vx	Uniforme	2.840	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N10/N11	Peso propio	Uniforme	0.464	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N10/N11	Vy	Uniforme	2.270	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N10/N11	Vx	Uniforme	2.270	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N11/N12	Peso propio	Uniforme	0.464	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N12	Vy	Uniforme	2.840	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N11/N12	Vx	Uniforme	2.840	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N12/N13	Peso propio	Uniforme	0.464	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N13	Vy	Uniforme	2.840	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N12/N13	Vx	Uniforme	2.840	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N14/N15	Peso propio	Uniforme	0.464	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N14/N15	Vy	Uniforme	1.680	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N14/N15	Vx	Uniforme	1.680	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N15/N16	Peso propio	Uniforme	0.464	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N15/N16	Vy	Uniforme	2.100	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N15/N16	Vx	Uniforme	2.100	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N17/N18	Peso propio	Uniforme	0.464	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N17/N18	Vy	Uniforme	1.680	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N17/N18	Vx	Uniforme	1.680	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N18/N19	Peso propio	Uniforme	0.464	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N18/N19	Vy	Uniforme	2.100	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N18/N19	Vx	Uniforme	2.100	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N20/N21	Peso propio	Uniforme	0.390	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N20/N21	Vy	Uniforme	0.600	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N20/N21	Vx	Uniforme	0.600	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N22/N23	Peso propio	Uniforme	0.390	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N22/N23	Vy	Uniforme	0.600	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N22/N23	Vx	Uniforme	0.600	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N23/N18	Peso propio	Uniforme	0.353	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N23/N18	CM 1	Uniforme	1.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N2	Peso propio	Uniforme	0.353	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N2	CM 1	Uniforme	1.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N11	Peso propio	Uniforme	0.353	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N11	CM 1	Uniforme	1.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N15	Peso propio	Uniforme	0.353	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N15	CM 1	Uniforme	1.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N15/N21	Peso propio	Uniforme	0.353	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N15/N21	CM 1	Uniforme	1.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N4	Peso propio	Uniforme	0.185	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N4	CM 1	Uniforme	1.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N13	Peso propio	Uniforme	0.185	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N13	CM 1	Uniforme	1.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N19/N8	Peso propio	Uniforme	0.353	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N19/N8	CM 1	Uniforme	2.400	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N8/N3	Peso propio	Uniforme	0.353	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N8/N3	CM 1	Uniforme	1.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N3/N12	Peso propio	Uniforme	0.353	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N3/N12	CM 1	Uniforme	1.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N16	Peso propio	Uniforme	0.353	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N12/N16	CM 1	Uniforme	1.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N24/N26	Peso propio	Uniforme	0.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N26/N27	Peso propio	Uniforme	0.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N27/N25	Peso propio	Uniforme	0.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N25/N28	Peso propio	Uniforme	0.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N28/N29	Peso propio	Uniforme	0.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N29/N5	Peso propio	Uniforme	0.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N23/N26	Peso propio	Uniforme	0.390	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N23/N26	Vy	Uniforme	0.760	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N23/N26	Vx	Uniforme	0.760	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N27/N19	Peso propio	Uniforme	0.353	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N28/N9	Peso propio	Uniforme	0.185	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N28/N9	CM 1	Uniforme	1.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N19/N25	Peso propio	Uniforme	0.464	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N19/N25	Vy	Uniforme	2.100	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N19/N25	Vx	Uniforme	2.100	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N9/N29	Peso propio	Uniforme	0.230	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N29	Vy	Uniforme	3.260	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N9/N29	Vx	Uniforme	3.260	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N30/N32	Peso propio	Uniforme	0.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N32/N33	Peso propio	Uniforme	0.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N33/N31	Peso propio	Uniforme	0.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N31/N34	Peso propio	Uniforme	0.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N34/N35	Peso propio	Uniforme	0.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N35/N5	Peso propio	Uniforme	0.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N21/N32	Peso propio	Uniforme	0.390	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N21/N32	Vy	Uniforme	0.760	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N21/N32	Vx	Uniforme	0.760	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N16/N33	Peso propio	Uniforme	0.353	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N16/N31	Peso propio	Uniforme	0.464	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N16/N31	Vy	Uniforme	2.100	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N16/N31	Vx	Uniforme	2.100	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N13/N34	Peso propio	Uniforme	0.185	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N34	CM 1	Uniforme	1.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N35	Peso propio	Uniforme	0.230	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N13/N35	Vy	Uniforme	3.260	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N13/N35	Vx	Uniforme	3.260	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N4/N35	Peso propio	Uniforme	0.105	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N29	Peso propio	Uniforme	0.105	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N36/N37	Peso propio	Uniforme	0.390	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N36/N37	Vy	Uniforme	1.010	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N36/N37	Vx	Uniforme	1.010	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N37/N38	Peso propio	Uniforme	0.390	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N37/N38	Vy	Uniforme	1.270	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N37/N38	Vx	Uniforme	1.270	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N39/N40	Peso propio	Uniforme	0.464	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N39/N40	Vy	Uniforme	2.170	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N39/N40	Vx	Uniforme	2.170	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N40/N41	Peso propio	Uniforme	0.464	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N40/N41	Vy	Uniforme	2.720	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N40/N41	Vx	Uniforme	2.720	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N42/N43	Peso propio	Uniforme	0.464	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N42/N43	Vy	Uniforme	2.320	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N42/N43	Vx	Uniforme	2.320	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N43/N44	Peso propio	Uniforme	0.464	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N43/N44	Vy	Uniforme	2.900	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1 (m)	L2 (m)	Ejes	X	Y	Z
N43/N44	Vx	Uniforme	2.900	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N45/N46	Peso propio	Uniforme	0.464	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N45/N46	Vy	Uniforme	2.170	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N45/N46	Vx	Uniforme	2.170	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N46/N47	Peso propio	Uniforme	0.464	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N46/N47	Vy	Uniforme	2.720	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N46/N47	Vx	Uniforme	2.720	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N48/N49	Peso propio	Uniforme	0.390	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N48/N49	Vy	Uniforme	1.010	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N48/N49	Vx	Uniforme	1.010	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N49/N50	Peso propio	Uniforme	0.390	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N49/N50	Vy	Uniforme	1.270	-	-	-	Globales	0.000	1.000	0.000
N49/N50	Vx	Uniforme	1.270	-	-	-	Globales	0.000	-1.000	0.000
N21/N52	Peso propio	Uniforme	0.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N52/N37	Peso propio	Uniforme	0.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N37/N40	Peso propio	Uniforme	0.353	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N37/N40	CM 1	Uniforme	1.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N40/N43	Peso propio	Uniforme	0.353	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N40/N43	CM 1	Uniforme	1.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N43/N46	Peso propio	Uniforme	0.353	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N43/N46	CM 1	Uniforme	1.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N46/N49	Peso propio	Uniforme	0.353	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N46/N49	CM 1	Uniforme	1.200	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N51/N38	Peso propio	Uniforme	0.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N38/N41	Peso propio	Uniforme	0.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N38/N41	CM 1	Uniforme	2.400	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N41/N44	Peso propio	Uniforme	0.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N41/N44	CM 1	Uniforme	2.400	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N44/N47	Peso propio	Uniforme	0.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N44/N47	CM 1	Uniforme	2.400	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N47/N50	Peso propio	Uniforme	0.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N47/N50	CM 1	Uniforme	2.400	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N53/N23	Peso propio	Uniforme	0.750	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000

2.3.- Resultados

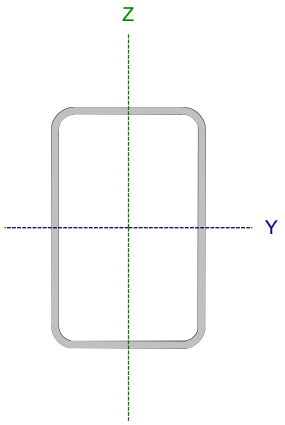
2.3.1.- Barras

2.3.1.1.- Comprobaciones E.L.U. (Completo)

Nota: Se muestra el listado completo de comprobaciones realizadas para las 10 barras con mayor coeficiente de aprovechamiento.

Barra N1/N2

Perfil: 250.160.8
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N1	N2	2.675	60.23	5014.66	2527.45	5644.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	2.675	2.675	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***0.48*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : *60.23* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : *7320.71* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: *14524.88* kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: *7320.71* kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : *5014.66* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : *2527.45* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : *5644.00* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : *0.00* cm6

E: Módulo de elasticidad.

E : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{ky} : *2.675* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kz} : *2.675* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L_{kt} : *0.000* m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i_0 : *11.19* cm

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : *9.12* cm

i_z : *6.48* cm

y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y_0 : *0.00* mm

z_0 : *0.00* mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$ **29.25 ≤ 391.81** ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : 234.00 mm

t_w: Espesor del alma. t_w : 8.00 mm

A_w: Área del alma. A_w : 37.44 cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. $A_{fc,ef}$: 12.80 cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. k : 0.30

E: Módulo de elasticidad. E : 210000 MPa

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$ η : **0.011** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$ η : **0.013** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 18.02 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ $N_{c,Rd}$: 1577.42 kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. A : 60.23 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: 275.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{N_{b,Rd}}$: 1351.06 kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 60.23 cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: 261.90 MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: 275.00 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_y : 0.93

χ_z : 0.86

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_y : 0.59

ϕ_z : 0.68

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.49

α_z : 0.49

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$: 0.34

$\bar{\lambda}_z$: 0.48

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: 7320.71 kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: 14524.88 kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: 7320.71 kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.707*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *91.35* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vx.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *91.35* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *129.25* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *493.49* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.001*** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.594 m del nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *0.09* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *95.41* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$** : *364.30* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.049*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *27.95* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *566.13* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *37.44* cm²

$$A_V = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *234.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *8.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

29.25 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *29.25*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η < ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.05* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *344.59* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *22.79* cm²

$$\mathbf{A_V} = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *60.23* cm²

d: Altura del alma. **d** : *234.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *8.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{\mathbf{b}}{\mathbf{t_f}} < 70 \cdot \varepsilon$$

20.00 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *20.00*

$$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. **f_{ref}** : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$ **27.95 kN ≤ 283.07 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *27.95* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *566.13* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$ **0.05 kN ≤ 172.29 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.05* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *344.59* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$ η : ***0.719*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.721*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.439*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *18.02* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$\mathbf{M_{y,Ed}}^+$: *91.35* kN·m

$\mathbf{M_{z,Ed}}^+$: *0.05* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

Clase : *1*

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $\mathbf{N_{pl,Rd}}$: *1577.42* kN

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$: *129.25* kN·m

$\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: *95.41* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *60.23* cm²

$\mathbf{W_{pl,y}}$, $\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\mathbf{W_{pl,y}}$: *493.49* cm³

$\mathbf{W_{pl,z}}$: *364.30* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

$\mathbf{k_y}$, $\mathbf{k_z}$: Coeficientes de interacción.

$$\mathbf{k_y} = 1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$\mathbf{k_y}$: *1.00*

$$\mathbf{k_z} = 1 + \left(\bar{\lambda}_z - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$\mathbf{k_z}$: *1.00*

$\mathbf{C_{m,y}}$, $\mathbf{C_{m,z}}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$\mathbf{C_{m,y}}$: *1.00*

$\mathbf{C_{m,z}}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : *0.93*

χ_z : *0.86*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$: *0.34*

$\bar{\lambda}_z$: *0.48*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : *0.60*

α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

27.95 kN ≤ **282.39 kN** ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *27.95* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *564.79* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.002*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.21* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo **$M_{T,Rd}$** viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$M_{T,Rd}$: *88.99* kN·m

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *588.54* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.049*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *27.95* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.21* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}}\right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: *564.79* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *566.13* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *0.36* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *588.54* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y/\gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η < ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.05* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.21* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}}\right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: *343.77* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *344.59* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *0.36* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *588.54* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y/\gamma_{M0}$$

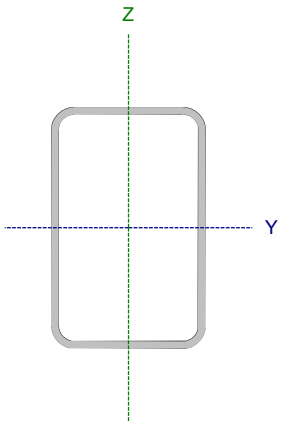
Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Barra N6/N7

Perfil: 250.160.8
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N6	N7	2.675	60.23	5014.66	2527.45	5644.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	2.675	2.675	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***0.48*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *60.23* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *7320.71* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *14524.88* kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *7320.71* kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *5014.66* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *2527.45* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *5644.00* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : *0.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky}** : *2.675* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz}** : *2.675* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}** : *0.000* m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i_0** : *11.19* cm

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. **i_y** : *9.12* cm

i_z : *6.48* cm

y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y_0** : *0.00* mm

z_0 : *0.00* mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}} \qquad 29.25 \leq 391.81 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : 234.00 mm

t_w: Espesor del alma. t_w : 8.00 mm

A_w: Área del alma. A_w : 37.44 cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. $A_{fc,ef}$: 12.80 cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. k : 0.30

E: Módulo de elasticidad. E : 210000 MPa

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \mathbf{0.008} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \mathbf{0.010} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 13.16 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \qquad N_{c,Rd} : 1577.42 \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. A : 60.23 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: 275.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{N_{b,Rd}}$: 1351.06 kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 60.23 cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: 261.90 MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: 275.00 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_y : 0.93

χ_z : 0.86

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_y : 0.59

ϕ_z : 0.68

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.49

α_z : 0.49

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$: 0.34

$\bar{\lambda}_z$: 0.48

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: 7320.71 kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: 14524.88 kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: 7320.71 kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.522*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *67.48* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vx.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *67.48* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *129.25* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *493.49* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.010*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.595 m del nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : *0.94* kN·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : *0.00* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *95.41* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $W_{pl,z}$: *364.30* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.038*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *21.25* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *566.13* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *37.44* cm²

$$A_V = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *234.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *8.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

29.25 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *29.25*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.002*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.54* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *344.59* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *22.79* cm²

$$\mathbf{A_V} = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *60.23* cm²

d: Altura del alma. **d** : *234.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *8.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{\mathbf{b}}{\mathbf{t_f}} < 70 \cdot \varepsilon$$

20.00 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *20.00*

$$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. **f_{ref}** : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$

21.25 kN ≤ **283.07 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *21.25* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *566.13* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$

0.54 kN ≤ **172.29 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.54* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *344.59* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : ***0.535*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : ***0.535*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : ***0.328*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *13.16* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$\mathbf{M_{y,Ed}}^{+}$: *67.48* kN·m

$\mathbf{M_{z,Ed}}^{-}$: *0.46* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

Clase : *1*

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $\mathbf{N_{pl,Rd}}$: *1577.42* kN

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$: *129.25* kN·m

$\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: *95.41* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *60.23* cm²

$\mathbf{W_{pl,y}}$, $\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\mathbf{W_{pl,y}}$: *493.49* cm³

$\mathbf{W_{pl,z}}$: *364.30* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

$\mathbf{k_y}$, $\mathbf{k_z}$: Coeficientes de interacción.

$$\mathbf{k_y} = 1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$\mathbf{k_y}$: *1.00*

$$\mathbf{k_z} = 1 + \left(\bar{\lambda}_z - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$\mathbf{k_z}$: *1.00*

$\mathbf{C_{m,y}}$, $\mathbf{C_{m,z}}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$\mathbf{C_{m,y}}$: *1.00*

$\mathbf{C_{m,z}}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : *0.93*

χ_z : *0.86*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$: *0.34*

$\bar{\lambda}_z$: *0.48*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : *0.60*

α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

21.25 kN ≤ **262.00 kN** ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *21.25* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *524.00* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.074*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *6.62* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo **$M_{T,Rd}$** viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$M_{T,Rd}$: *88.99* kN·m

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *588.54* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.041*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N6, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *21.25* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *6.62* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}}\right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: *524.00* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *566.13* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *11.25* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *588.54* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y/\gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.002*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.54* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *6.62* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}}\right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: *318.94* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *344.59* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *11.25* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *588.54* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y/\gamma_{M0}$$

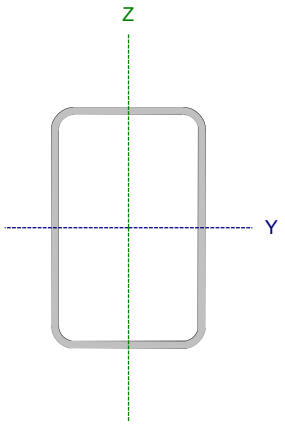
Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Barra N10/N11

Perfil: 250.160.8
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N10	N11	2.675	60.23	5014.66	2527.45	5644.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	2.675	2.675	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***0.48*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *60.23* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *7320.71* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *14524.88* kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *7320.71* kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *5014.66* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *2527.45* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *5644.00* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : *0.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky}** : *2.675* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz}** : *2.675* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}** : *0.000* m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i_0** : *11.19* cm

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. **i_y** : *9.12* cm

i_z : *6.48* cm

y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y_0** : *0.00* mm

z_0 : *0.00* mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$ **29.25 ≤ 391.81** ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : 234.00 mm

t_w: Espesor del alma. t_w : 8.00 mm

A_w: Área del alma. A_w : 37.44 cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. $A_{fc,ef}$: 12.80 cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. k : 0.30

E: Módulo de elasticidad. E : 210000 MPa

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$ η : **0.009** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$ η : **0.011** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N10, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 14.58 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ $N_{c,Rd}$: 1577.42 kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. A : 60.23 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: 275.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{N_{b,Rd}}$: 1351.06 kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 60.23 cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: 261.90 MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: 275.00 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_y : 0.93

χ_z : 0.86

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_y : 0.59

ϕ_z : 0.68

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.49

α_z : 0.49

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$: 0.34

$\bar{\lambda}_z$: 0.48

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: 7320.71 kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: 14524.88 kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: 7320.71 kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.519*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *67.07* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vx.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *67.07* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *129.25* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *493.49* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.001*** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.594 m del nudo N10, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *0.05* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *95.41* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$** : *364.30* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.040*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *22.40* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *566.13* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *37.44* cm²

$$A_V = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *234.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *8.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

29.25 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *29.25*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η < ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.03* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *344.59* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *22.79* cm²

$$A_V = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *60.23* cm²

d: Altura del alma. **d** : *234.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *8.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{b}{t_f} < 70 \cdot \varepsilon$$

20.00 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *20.00*

$$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. **ε** : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. **f_{ref}** : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$ **22.40 kN ≤ 283.07 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *22.40* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *566.13* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$ **0.03 kN ≤ 172.29 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.03* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *344.59* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$ η : ***0.528*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.530*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.323*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N10, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *14.58* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$\mathbf{M_{y,Ed}}^+$: *67.07* kN·m

$\mathbf{M_{z,Ed}}^+$: *0.03* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $\mathbf{N_{pl,Rd}}$: *1577.42* kN

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$: *129.25* kN·m; $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: *95.41* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *60.23* cm²

$\mathbf{W_{pl,y}}$, $\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *493.49* cm³; $\mathbf{W_{pl,z}}$: *364.30* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

$\mathbf{k_y}$, $\mathbf{k_z}$: Coeficientes de interacción.

$$\mathbf{k_y} = 1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$ $\mathbf{k_y}$: *1.00*

$$\mathbf{k_z} = 1 + \left(\bar{\lambda}_z - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$ $\mathbf{k_z}$: *1.00*

$\mathbf{C_{m,y}}$, $\mathbf{C_{m,z}}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. $\mathbf{C_{m,y}}$: *1.00*; $\mathbf{C_{m,z}}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. χ_y : *0.93*; χ_z : *0.86*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. $\bar{\lambda}_y$: *0.34*; $\bar{\lambda}_z$: *0.48*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. α_y : *0.60*; α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$ **22.40 kN** ≤ **262.37 kN** ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *22.40* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *524.74* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.073*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *6.51* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo **$M_{T,Rd}$** viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$M_{T,Rd}$: *88.99* kN·m

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *588.54* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.043*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *22.40* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *6.51* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}}\right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: *524.74* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *566.13* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *11.06* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *588.54* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y/\gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η < ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.03* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *6.51* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}}\right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: *319.39* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *344.59* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *11.06* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *588.54* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y/\gamma_{M0}$$

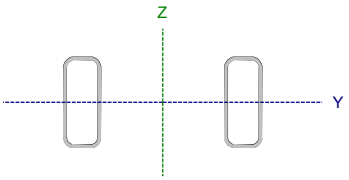
Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Barra N54/N5

Perfil: 120.50.5, Doble con unión genérica (Separación entre los perfiles: 160.0 / 160.0 mm y Perfiles independientes)
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	$I_y^{(1)}$ (cm4)	$I_z^{(1)}$ (cm4)	$I_t^{(2)}$ (cm4)
N54	N5	2.675	29.80	472.88	3404.31	341.21

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	2.675	2.675	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Nota: El análisis de piezas compuestas se realiza mediante la verificación de cada uno de los perfiles simples que las constituyen. Las comprobaciones de dichos perfiles se realizan para los esfuerzos calculados a partir de los que actúan sobre la pieza compuesta, según sus características mecánicas. Para las comprobaciones de estabilidad se utiliza la esbeltez mecánica ideal, obtenida en función de la esbeltez de la pieza y una esbeltez complementaria que tiene en cuenta la separación de los enlaces entre los perfiles simples.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras traccionadas no debe superar el valor 3.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***1.55*** ✓

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *14.90* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *171.52* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *684.68* kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *171.52* kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *236.44* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *59.23* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *170.60* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : *0.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky}** : *2.675* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz}** : *2.675* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}** : *0.000* m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i_0** : *4.45* cm

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. **i_y** : *3.98* cm **i_z** : *1.99* cm

y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y_0** : *0.00* mm **z_0** : *0.00* mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

22.00 ≤ 480.55 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. **h_w** : *110.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *5.00* mm

A_w: Área del alma. **A_w** : *11.00* cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. **$A_{fc,ef}$** : *2.50* cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. **k** : *0.30*

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. **f_{yf}** : *275.00* MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.009*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *3.71* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$: *390.29* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *14.90* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.450*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.191 m del nudo N54, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vx.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *6.17* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.191 m del nudo N54, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *6.17* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *13.72* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *52.37* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.029*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *4.81* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *166.33* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *11.00* cm²

$$A_V = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *110.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *5.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

22.00 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *22.00*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2} \qquad \mathbf{0.20\ kN} \leq \mathbf{83.17\ kN}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N54, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.20* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *166.33* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : ***0.458*** ✓

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : ***0.443*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.191 m del nudo N54, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$: *3.32* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed}^{-}$: *6.17* kN·m; $M_{z,Ed}^{+}$: *0.00* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción. $N_{pl,Rd}$: *390.29* kN

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{pl,Rd,y}$: *13.72* kN·m; $M_{pl,Rd,z}$: *7.39* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{ef,Ed}$: *-6.08* kN·m

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida. $\sigma_{com,Ed}$: *116.07* MPa

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y. $W_{y,com}$: *52.37* cm³

A: Área de la sección bruta. **A** : *14.90* cm²

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo. $M_{b,Rd,y}$: *13.72* kN·m

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N54, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \qquad \mathbf{0.20\ kN} \leq \mathbf{83.17\ kN}$$ ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *0.20* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *166.33* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

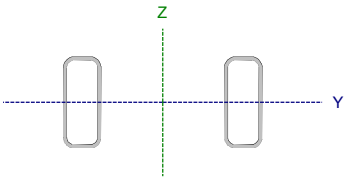
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Barra N4/N54

Perfil: 120.50.5, Doble con unión genérica (Separación entre los perfiles: 160.0 / 160.0 mm y Perfiles independientes)
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	$I_y^{(1)}$ (cm4)	$I_z^{(1)}$ (cm4)	$I_t^{(2)}$ (cm4)
N4	N54	2.140	29.80	472.88	3404.31	341.21

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	2.140	2.140	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Nota: El análisis de piezas compuestas se realiza mediante la verificación de cada uno de los perfiles simples que las constituyen. Las comprobaciones de dichos perfiles se realizan para los esfuerzos calculados a partir de los que actúan sobre la pieza compuesta, según sus características mecánicas. Para las comprobaciones de estabilidad se utiliza la esbeltez mecánica ideal, obtenida en función de la esbeltez de la pieza y una esbeltez complementaria que tiene en cuenta la separación de los enlaces entre los perfiles simples.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras traccionadas no debe superar el valor 3.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***1.24*** ✓

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *14.90* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *268.15* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *1070.42* kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *268.15* kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *236.44* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *59.23* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *170.60* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : *0.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky}** : *2.140* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz}** : *2.140* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}** : *0.000* m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i_0** : *4.45* cm

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. **i_y** : *3.98* cm **i_z** : *1.99* cm

y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y_0** : *0.00* mm **z_0** : *0.00* mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$ **22.00 ≤ 480.55** ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. **h_w** : *110.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *5.00* mm

A_w: Área del alma. **A_w** : *11.00* cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. **$A_{fc,ef}$** : *2.50* cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. **k** : *0.30*

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. **f_{yf}** : *275.00* MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.008*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N54, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *3.29* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ **$N_{t,Rd}$** : *390.29* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *14.90* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.450*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N54, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vx.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *6.17* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N54, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *6.17* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *13.72* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *52.37* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.033*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *5.56* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *166.33* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *11.00* cm²

$$A_V = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *110.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *5.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

22.00 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *22.00*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2} \qquad \mathbf{5.03\ kN} \leq \mathbf{83.17\ kN}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.214 m del nudo N4, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$\mathbf{V_{Ed}}$:	*5.03*	kN
$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$\mathbf{V_{c,Rd}}$:	*166.33*	kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : ***0.458*** ✓

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : ***0.443*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N54, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$: *3.29* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed}^{-}$: *6.17* kN·m; $M_{z,Ed}^{+}$: *0.00* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción. $N_{pl,Rd}$: *390.29* kN

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{pl,Rd,y}$: *13.72* kN·m; $M_{pl,Rd,z}$: *7.39* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{ef,Ed}$: *-6.08* kN·m

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida. $\sigma_{com,Ed}$: *116.00* MPa

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y. $W_{y,com}$: *52.37* cm³

A: Área de la sección bruta. **A** : *14.90* cm²

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo. $M_{b,Rd,y}$: *13.72* kN·m

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.214 m del nudo N4, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \qquad \mathbf{5.03\ kN} \leq \mathbf{83.17\ kN}$$

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *5.03* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *166.33* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

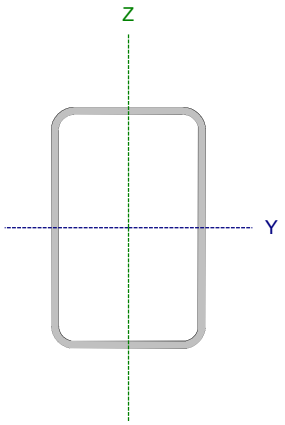
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Barra N42/N43

Perfil: 250.160.8
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N42	N43	2.675	60.23	5014.66	2527.45	5644.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	2.675	2.675	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***0.48*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : *60.23* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : *7320.71* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: *14524.88* kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: *7320.71* kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : *5014.66* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : *2527.45* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : *5644.00* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : *0.00* cm6

E: Módulo de elasticidad.

E : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{ky} : *2.675* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kz} : *2.675* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L_{kt} : *0.000* m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i_0 : *11.19* cm

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : *9.12* cm

i_z : *6.48* cm

y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y_0 : *0.00* mm

z_0 : *0.00* mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$ **29.25 ≤ 391.81** ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : 234.00 mm

t_w: Espesor del alma. t_w : 8.00 mm

A_w: Área del alma. A_w : 37.44 cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. $A_{fc,ef}$: 12.80 cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. k : 0.30

E: Módulo de elasticidad. E : 210000 MPa

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$ η : **0.017** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$ η : **0.020** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N42, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 26.42 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ $N_{c,Rd}$: 1577.42 kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. A : 60.23 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: 275.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{N_{b,Rd}}$: 1351.06 kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 60.23 cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: 261.90 MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: 275.00 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_y : 0.93

χ_z : 0.86

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_y : 0.59

ϕ_z : 0.68

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.49

α_z : 0.49

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$: 0.34

$\bar{\lambda}_z$: 0.48

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: 7320.71 kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: 14524.88 kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: 7320.71 kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.360*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N42, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *46.56* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N42, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vx.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *46.56* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *129.25* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *493.49* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η < ***0.001*** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.594 m del nudo N42, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *0.01* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *95.41* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$** : *364.30* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.036*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N42, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *20.27* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *566.13* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *37.44* cm²

$$A_V = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *234.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *8.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

29.25 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *29.25*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η < ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.01* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *344.59* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *22.79* cm²

$$\mathbf{A_V} = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *60.23* cm²

d: Altura del alma. **d** : *234.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *8.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{\mathbf{b}}{\mathbf{t_f}} < 70 \cdot \varepsilon$$

20.00 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *20.00*

$$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. **f_{ref}** : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$

20.27 kN ≤ **283.07 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *20.27* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *566.13* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$

0.01 kN ≤ **172.29 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N42, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.01* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *344.59* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : ***0.377*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : ***0.379*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : ***0.236*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N42, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *26.42* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$\mathbf{M_{y,Ed}}^+$: *46.56* kN·m

$\mathbf{M_{z,Ed}}^+$: *0.01* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

Clase : *1*

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: *1577.42* kN

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$: *129.25* kN·m

$\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: *95.41* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

A : *60.23* cm²

$\mathbf{W_{pl,y}}$, $\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\mathbf{W_{pl,y}}$: *493.49* cm³

$\mathbf{W_{pl,z}}$: *364.30* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero.

$\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : *1.05*

$\mathbf{k_y}$, $\mathbf{k_z}$: Coeficientes de interacción.

$$\mathbf{k_y} = 1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$\mathbf{k_y}$: *1.00*

$$\mathbf{k_z} = 1 + \left(\bar{\lambda}_z - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$\mathbf{k_z}$: *1.01*

$\mathbf{C_{m,y}}$, $\mathbf{C_{m,z}}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$\mathbf{C_{m,y}}$: *1.00*

$\mathbf{C_{m,z}}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : *0.93*

χ_z : *0.86*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$: *0.34*

$\bar{\lambda}_z$: *0.48*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : *0.60*

α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

20.27 kN ≤ **283.02 kN** ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: *20.27* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *566.03* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

η < ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.02* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo **$M_{T,Rd}$** viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$M_{T,Rd}$: *88.99* kN·m

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *588.54* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.036*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N42, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *20.27* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.02* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}}\right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: *566.03* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *566.13* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *0.03* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *588.54* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y/\gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η < ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.01* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.02* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}}\right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: *344.53* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *344.59* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *0.03* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *588.54* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y/\gamma_{M0}$$

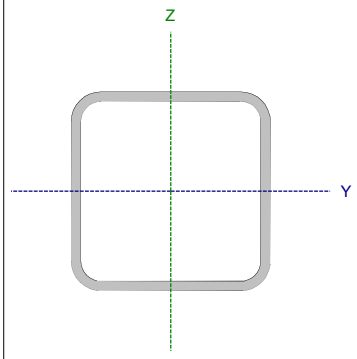
Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Barra N19/N8

Perfil: 160.160.8
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N19	N8	3.230	45.83	1695.70	1695.70	2893.01

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	3.230	3.230	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***0.61*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *45.83* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico. $\mathbf{N_{cr}}$: *3368.71* kN

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *3368.71* kN

$$\mathbf{N_{cr,y}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *3368.71* kN

$$\mathbf{N_{cr,z}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

$$\mathbf{N_{cr,T}} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_y}$: *1695.70* cm4

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *1695.70* cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *2893.01* cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *0.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

$\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{ky}}$: *3.230* m

$\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *3.230* m

$\mathbf{L_{kt}}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. $\mathbf{L_{kt}}$: *0.000* m

$\mathbf{i_0}$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $\mathbf{i_0}$: *8.60* cm

$$\mathbf{i_0} = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

$\mathbf{i_y}$, $\mathbf{i_z}$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $\mathbf{i_y}$: *6.08* cm

$\mathbf{i_z}$: *6.08* cm

$\mathbf{y_0}$, $\mathbf{z_0}$: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. $\mathbf{y_0}$: *0.00* mm

$\mathbf{z_0}$: *0.00* mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$ **18.00 ≤ 307.36** ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : 144.00 mm

t_w: Espesor del alma. t_w : 8.00 mm

A_w: Área del alma. A_w : 23.04 cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. $A_{fc,ef}$: 12.80 cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. k : 0.30

E: Módulo de elasticidad. E : 210000 MPa

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$ η : **0.001** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$ η : **0.001** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 0.96 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ $N_{c,Rd}$: 1200.27 kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. A : 45.83 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: 275.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{N_{b,Rd}}$: 934.36 kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 45.83 cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: 261.90 MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: 275.00 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_y : 0.78

χ_z : 0.78

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_y : 0.79

ϕ_z : 0.79

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_y : 0.49

α_z : 0.49

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$: 0.61

$\bar{\lambda}_z$: 0.61

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: 3368.71 kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: 3368.71 kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: 3368.71 kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.044*** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.150 m del nudo N19, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *2.93* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *66.75* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *254.86* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.307*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N19, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *20.46* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N19, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vx.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *20.46* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *66.75* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$** : *254.86* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.017*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.150 m del nudo N19, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *5.81* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *348.39* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *23.04* cm²

$$A_V = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d: Altura del alma. d : *144.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *8.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

18.00 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *18.00*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.031*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *10.75* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *344.59* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *22.79* cm²

$$A_V = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *45.83* cm²

d: Altura del alma. **d** : *144.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *8.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{b}{t_f} < 70 \cdot \varepsilon$$

20.00 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *20.00*

$$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$ **5.60 kN ≤ 174.19 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *5.60* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *348.39* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$ **10.75 kN ≤ 172.29 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *10.75* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *344.59* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$ η : ***0.346*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.224*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.331*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N19, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *0.76* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{y,Ed}^-}$: *2.60* kN·m

$\mathbf{M_{z,Ed}^+}$: *20.46* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

Clase : *1*

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: *1200.27* kN

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$: *66.75* kN·m

$\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: *66.75* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

A : *45.83* cm²

$\mathbf{W_{pl,y}}$, $\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\mathbf{W_{pl,y}}$: *254.86* cm³

$\mathbf{W_{pl,z}}$: *254.86* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero.

$\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : *1.05*

$\mathbf{k_y}$, $\mathbf{k_z}$: Coeficientes de interacción.

$$\mathbf{k_y} = 1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$\mathbf{k_y}$: *1.00*

$$\mathbf{k_z} = 1 + \left(\bar{\lambda}_z - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$\mathbf{k_z}$: *1.00*

$\mathbf{C_{m,y}}$, $\mathbf{C_{m,z}}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$\mathbf{C_{m,y}}$: *1.00*

$\mathbf{C_{m,z}}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : *0.78*

χ_z : *0.78*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$: *0.61*

$\bar{\lambda}_z$: *0.61*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : *0.60*

α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$$\mathbf{V_{Ed,y}} \leq \frac{V_{c,Rd,y}}{2}$$

10.75 kN ≤ **147.60 kN** ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,y}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$\mathbf{V_{Ed,y}}$: *10.75* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,y}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$\mathbf{V_{c,Rd,y}}$: *295.20* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.143*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *8.01* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo **$M_{T,Rd}$** viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$M_{T,Rd}$: *55.90* kN·m

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *369.66* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.019*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.150 m del nudo N19, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *5.81* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *8.01* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}}\right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: *298.46* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *348.39* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *21.67* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *369.66* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y/\gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.036*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *10.75* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *8.01* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}}\right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: *295.20* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *344.59* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *21.67* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *369.66* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y/\gamma_{M0}$$

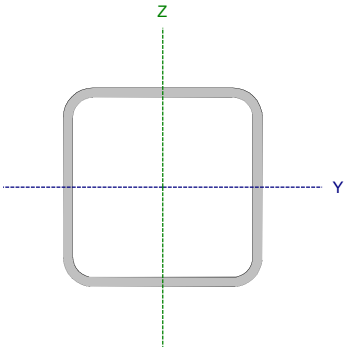
Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Barra N12/N16

Perfil: 160.160.8
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y [1] (cm4)	I_z [1] (cm4)	I_t [2] (cm4)
N12	N16	3.230	45.83	1695.70	1695.70	2893.01

Notas:
[1] Inercia respecto al eje indicado
[2] Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	3.230	3.230	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***0.61*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *45.83* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico. $\mathbf{N_{cr}}$: *3368.71* kN

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *3368.71* kN

$$\mathbf{N_{cr,y}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *3368.71* kN

$$\mathbf{N_{cr,z}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

$$\mathbf{N_{cr,T}} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_y}$: *1695.70* cm4

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *1695.70* cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *2893.01* cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *0.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

$\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{ky}}$: *3.230* m

$\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *3.230* m

$\mathbf{L_{kt}}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. $\mathbf{L_{kt}}$: *0.000* m

$\mathbf{i_0}$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $\mathbf{i_0}$: *8.60* cm

$$\mathbf{i_0} = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

$\mathbf{i_y}$, $\mathbf{i_z}$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $\mathbf{i_y}$: *6.08* cm

$\mathbf{i_z}$: *6.08* cm

$\mathbf{y_0}$, $\mathbf{z_0}$: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. $\mathbf{y_0}$: *0.00* mm

$\mathbf{z_0}$: *0.00* mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$ **18.00 ≤ 307.36** ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : 144.00 mm

t_w: Espesor del alma. t_w : 8.00 mm

A_w: Área del alma. A_w : 23.04 cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. $A_{fc,ef}$: 12.80 cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. k : 0.30

E: Módulo de elasticidad. E : 210000 MPa

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$ η : **0.002** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$ η : **0.002** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 2.04 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ $N_{c,Rd}$: 1200.27 kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. A : 45.83 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: 275.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{N_{b,Rd}}$: 934.36 kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 45.83 cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: 261.90 MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: 275.00 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_y : 0.78

χ_z : 0.78

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_y : 0.79

ϕ_z : 0.79

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_y : 0.49

α_z : 0.49

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$: 0.61

$\bar{\lambda}_z$: 0.61

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: 3368.71 kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: 3368.71 kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: 3368.71 kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.027*** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *1.83* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *66.75* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *254.86* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.321*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.150 m del nudo N12, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *21.40* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.150 m del nudo N12, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vx.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *21.40* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *66.75* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$** : *254.86* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.010*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *3.37* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *348.39* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *23.04* cm²

$$A_V = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d: Altura del alma. d : *144.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *8.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

18.00 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *18.00*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.032*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *10.97* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *344.59* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *22.79* cm²

$$A_V = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *45.83* cm²

d: Altura del alma. **d** : *144.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *8.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{b}{t_f} < 70 \cdot \varepsilon$$

20.00 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *20.00*

$$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$ **3.37 kN ≤ 174.19 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *3.37* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *348.39* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$ **10.97 kN ≤ 172.29 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *10.97* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *344.59* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$ η : ***0.343*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.215*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.336*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.150 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *2.04* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{y,Ed}^-}$: *1.38* kN·m

$\mathbf{M_{z,Ed}^+}$: *21.40* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $\mathbf{N_{pl,Rd}}$: *1200.27* kN

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$: *66.75* kN·m; $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: *66.75* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *45.83* cm²

$\mathbf{W_{pl,y}}$, $\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *254.86* cm³; $\mathbf{W_{pl,z}}$: *254.86* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

$\mathbf{k_y}$, $\mathbf{k_z}$: Coeficientes de interacción.

$$\mathbf{k_y} = 1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$ $\mathbf{k_y}$: *1.00*

$$\mathbf{k_z} = 1 + \left(\bar{\lambda}_z - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$ $\mathbf{k_z}$: *1.00*

$\mathbf{C_{m,y}}$, $\mathbf{C_{m,z}}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. $\mathbf{C_{m,y}}$: *1.00*; $\mathbf{C_{m,z}}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. χ_y : *0.78*; χ_z : *0.78*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. $\bar{\lambda}_y$: *0.61*; $\bar{\lambda}_z$: *0.61*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. α_y : *0.60*; α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$$\mathbf{V_{Ed,y}} \leq \frac{V_{c,Rd,y}}{2}$$ **10.97 kN** ≤ **148.66 kN** ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,y}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,y}}$: *10.97* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,y}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,y}}$: *297.31* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.137*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *7.67* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo **$M_{T,Rd}$** viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$M_{T,Rd}$: *55.90* kN·m

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *369.66* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.011*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N12, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *3.37* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *7.67* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}}\right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: *300.59* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *348.39* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *20.74* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *369.66* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y/\gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.037*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *10.97* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *7.67* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}}\right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: *297.31* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *344.59* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *20.74* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *369.66* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y/\gamma_{M0}$$

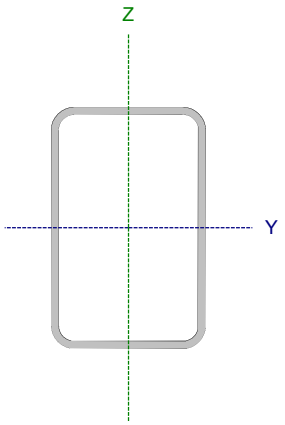
Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Barra N45/N46

Perfil: 250.160.8
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N45	N46	2.675	60.23	5014.66	2527.45	5644.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	2.675	2.675	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***0.48*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : *60.23* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : *7320.71* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: *14524.88* kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: *7320.71* kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : *5014.66* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : *2527.45* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : *5644.00* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : *0.00* cm6

E: Módulo de elasticidad.

E : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{ky} : *2.675* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kz} : *2.675* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L_{kt} : *0.000* m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i_0 : *11.19* cm

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : *9.12* cm

i_z : *6.48* cm

y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y_0 : *0.00* mm

z_0 : *0.00* mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}} \qquad 29.25 \leq 391.81 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : 234.00 mm

t_w: Espesor del alma. t_w : 8.00 mm

A_w: Área del alma. A_w : 37.44 cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. $A_{fc,ef}$: 12.80 cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. k : 0.30

E: Módulo de elasticidad. E : 210000 MPa

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \mathbf{0.016} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \mathbf{0.019} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 25.46 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \qquad N_{c,Rd} : 1577.42 \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. A : 60.23 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: 275.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{N_{b,Rd}}$: 1351.06 kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 60.23 cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: 261.90 MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: 275.00 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_y : 0.93

χ_z : 0.86

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_y : 0.59

ϕ_z : 0.68

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.49

α_z : 0.49

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$: 0.34

$\bar{\lambda}_z$: 0.48

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: 7320.71 kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: 14524.88 kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: 7320.71 kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.272*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *35.17* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vx.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *35.17* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *129.25* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *493.49* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η < ***0.001*** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.594 m del nudo N45, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *0.02* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *95.41* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$** : *364.30* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.030*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *16.82* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *566.13* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *37.44* cm²

$$A_V = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *234.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *8.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

29.25 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *29.25*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η < ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.01* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *344.59* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *22.79* cm²

$$A_V = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *60.23* cm²

d: Altura del alma. **d** : *234.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *8.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{b}{t_f} < 70 \cdot \varepsilon$$

20.00 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *20.00*

$$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. **f_{ref}** : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$ **16.82 kN** ≤ **283.07 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *16.82* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *566.13* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$ **0.01 kN** ≤ **172.29 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.01* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *344.59* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$ η : ***0.288*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.290*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.183*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *25.46* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$\mathbf{M_{y,Ed}}^{+}$: *35.17* kN·m

$\mathbf{M_{z,Ed}}^{+}$: *0.01* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

Clase : *1*

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $\mathbf{N_{pl,Rd}}$: *1577.42* kN

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$: *129.25* kN·m

$\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: *95.41* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *60.23* cm²

$\mathbf{W_{pl,y}}$, $\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\mathbf{W_{pl,y}}$: *493.49* cm³

$\mathbf{W_{pl,z}}$: *364.30* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

$\mathbf{k_y}$, $\mathbf{k_z}$: Coeficientes de interacción.

$$\mathbf{k_y} = 1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$\mathbf{k_y}$: *1.00*

$$\mathbf{k_z} = 1 + \left(\bar{\lambda}_z - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$\mathbf{k_z}$: *1.01*

$\mathbf{C_{m,y}}$, $\mathbf{C_{m,z}}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$\mathbf{C_{m,y}}$: *1.00*

$\mathbf{C_{m,z}}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : *0.93*

χ_z : *0.86*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$: *0.34*

$\bar{\lambda}_z$: *0.48*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : *0.60*

α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

16.82 kN ≤ **272.77 kN** ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *16.82* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *545.54* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.036*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *3.24* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo **$M_{T,Rd}$** viene dado por:

$$\mathbf{M_{T,Rd}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$M_{T,Rd}$: *88.99* kN·m

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *588.54* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.031*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N45, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *16.82* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *3.24* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}}\right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: *545.54* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *566.13* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *5.50* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *588.54* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y/\gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η < ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.01* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *3.24* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}}\right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: *332.06* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *344.59* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *5.50* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *588.54* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y/\gamma_{M0}$$

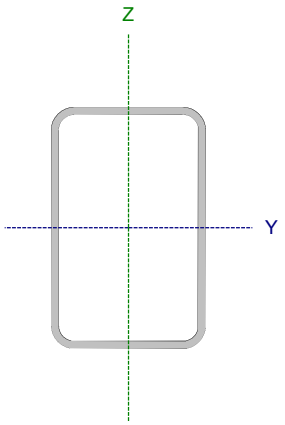
Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Barra N17/N18

Perfil: 250.160.8
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N17	N18	2.675	60.23	5014.66	2527.45	5644.00

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	2.675	2.675	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***0.48*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *60.23* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *7320.71* kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *14524.88* kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *7320.71* kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y** : *5014.66* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *2527.45* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *5644.00* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : *0.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{ky}** : *2.675* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz}** : *2.675* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}** : *0.000* m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i_0** : *11.19* cm

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. **i_y** : *9.12* cm

i_z : *6.48* cm

y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y_0** : *0.00* mm

z_0 : *0.00* mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$ **29.25 ≤ 391.81** ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : 234.00 mm

t_w: Espesor del alma. t_w : 8.00 mm

A_w: Área del alma. A_w : 37.44 cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. $A_{fc,ef}$: 12.80 cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. k : 0.30

E: Módulo de elasticidad. E : 210000 MPa

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$ η : **0.009** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$ η : **0.011** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 14.21 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ $N_{c,Rd}$: 1577.42 kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. A : 60.23 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: 275.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{N_{b,Rd}}$: 1351.06 kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 60.23 cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: 261.90 MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: 275.00 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_y : 0.93

χ_z : 0.86

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_y : 0.59

ϕ_z : 0.68

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.49

α_z : 0.49

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$: 0.34

$\bar{\lambda}_z$: 0.48

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: 7320.71 kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: 14524.88 kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: 7320.71 kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.260*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *33.61* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vx.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *33.61* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *129.25* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *493.49* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.003*** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.595 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *0.33* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *95.41* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple. **Clase** : *1*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$** : *364.30* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.029*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *16.42* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *566.13* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *37.44* cm²

$$A_V = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *234.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *8.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

29.25 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *29.25*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.19* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *344.59* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *22.79* cm²

$$A_V = A - 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *60.23* cm²

d: Altura del alma. **d** : *234.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *8.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{b}{t_f} < 70 \cdot \varepsilon$$

20.00 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *20.00*

$$\lambda_w = \frac{b}{t_f}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$ **16.42 kN** ≤ **283.07 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *16.42* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *566.13* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$ **0.19 kN** ≤ **172.29 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.19* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *344.59* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$ η : ***0.271*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.271*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.168*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *14.21* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$\mathbf{M_{y,Ed}}^{+}$: *33.61* kN·m

$\mathbf{M_{z,Ed}}^{+}$: *0.16* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

Clase : *1*

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $\mathbf{N_{pl,Rd}}$: *1577.42* kN

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$: *129.25* kN·m

$\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: *95.41* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *60.23* cm²

$\mathbf{W_{pl,y}}$, $\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\mathbf{W_{pl,y}}$: *493.49* cm³

$\mathbf{W_{pl,z}}$: *364.30* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

$\mathbf{k_y}$, $\mathbf{k_z}$: Coeficientes de interacción.

$$\mathbf{k_y} = 1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$\mathbf{k_y}$: *1.00*

$$\mathbf{k_z} = 1 + \left(\bar{\lambda}_z - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

$\mathbf{k_z}$: *1.00*

$\mathbf{C_{m,y}}$, $\mathbf{C_{m,z}}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$\mathbf{C_{m,y}}$: *1.00*

$\mathbf{C_{m,z}}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : *0.93*

χ_z : *0.86*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$: *0.34*

$\bar{\lambda}_z$: *0.48*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : *0.60*

α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

16.42 kN ≤ **264.66 kN** ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *16.42* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *529.31* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.065*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *5.79* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo **$M_{T,Rd}$** viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$M_{T,Rd}$: *88.99* kN·m

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *588.54* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.031*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N17, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *16.42* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *5.79* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}}\right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: *529.31* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *566.13* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *9.83* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *588.54* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y/\gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.19* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *5.79* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}}\right] \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: *322.18* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *344.59* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *9.83* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *588.54* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y/\gamma_{M0}$$

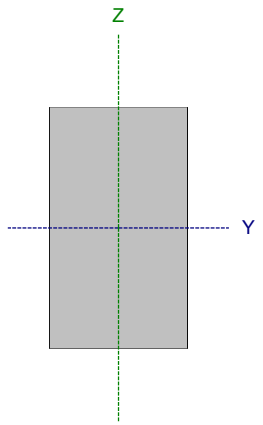
Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Barra N4/N13

Perfil: S-280x160
Material: Madera (C24)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	$I_y^{(1)}$ (cm4)	$I_z^{(1)}$ (cm4)	$I_t^{(2)}$ (cm4)
N4	N13	3.490	448.00	29269.33	9557.33	24371.20

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	3.490	3.490	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

η : ***0.006*** ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

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

η : ***0.007*** ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

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

η : ***0.012*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d}$: *0.06* MPa

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra $N_{c,0,d}$: *2.63* kN

A: Área de la sección transversal **A** : *448.00* cm²

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: **$f_{c,0,d}$** : *9.69* MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) **k_{mod}** : *0.60*

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra **$f_{c,0,k}$** : *21.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-M: 6.3.2)

χ_c: Factor de inestabilidad, dado por: $\chi_{c,y}$: *0.86*

$\chi_{c,z}$: *0.49*

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot \left(1 + \beta_c \cdot \left(\lambda_{rel} - 0.3\right) + \lambda_{rel}^2\right)$$

k_y : *0.81*

k_z : *1.42*

Donde:

β_c: Factor asociado a la rectitud de las piezas β_c : *0.20*

λ_{rel}: Esbeltez relativa, dada por: $\lambda_{rel,y}$: *0.73*

$\lambda_{rel,z}$: *1.28*

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra **$E_{0,k}$** : *7400.00* MPa

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra **$f_{c,0,k}$** : *21.00* MPa

λ: Esbeltez mecánica, dada por: λ_y : *43.18*

λ_z : *75.56*

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

L_k: Longitud de pandeo de la barra **$L_{k,y}$** : *3490.00* mm

$L_{k,z}$: *3490.00* mm

i: Radio de giro **i_y** : *80.83* mm

i_z : *46.19* mm

Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

η : ***0.083*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^{+}$: *0.00* MPa

$\sigma_{m,y,d}^{-}$: *0.92* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}^{+}$: *0.00* kN·m

$M_{y,d}^{-}$: *1.92* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$: *2090.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$: *11.08* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

k_{mod} : *0.60*

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase : *Permanente*

Clase de servicio

Clase : *2*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : *1.30*

Resistencia a flexión en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

η : ***0.316*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vx.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,z,d}$: *5.26* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{z,d}$: *6.28* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,z}$: *1194.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad k_{mod} : *0.90*

Donde:

Clase de duración de la carga **Clase** : *Corta duración*

Clase de servicio **Clase** : *2*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.031*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{y,d}$: *0.09* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

- **V_d**: Cortante de cálculo $V_{y,d}$: *1.72* kN
- **A**: Área de la sección transversal **A** : *448.00* cm²
- **k_{cr}**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas k_{cr} : *0.67*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: *2.77* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

- **k_{mod}**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : *0.90*
- **$f_{v,k}$**: Resistencia característica a cortante $f_{v,k}$: *4.00* MPa
- **γ_M**: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.089*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{z,d}$: *0.16* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

- **V_d**: Cortante de cálculo — $V_{z,d}$: *3.28* kN
- **A**: Área de la sección transversal — **A** : *448.00* cm²
- **k_{cr}**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas — k_{cr} : *0.67*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: *1.85* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

- **k_{mod}**: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : *0.60*
- **$f_{v,k}$**: Resistencia característica a cortante — $f_{v,k}$: *4.00* MPa
- **γ_M**: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : *1.30*

Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.043*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\tau_{tor,d}$: Tensión de cálculo a torsión, dada por: $\tau_{tor,d}$: *0.15* MPa

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{x,d}$: Momento torsor de cálculo $M_{x,d}$: *0.27* kN·m

W_{tor}: Modulo resistente a torsión W_{tor} : *1770.50* cm³

k_{forma}: Factor cuyo valor depende del tipo de sección k_{forma} : *1.26*

$$k_{forma} = \min\left\{2.0 \; ; \; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}}\right\}$$

Donde:

b_{max}: Ancho mayor de la sección transversal b_{max} : *280.00* mm

b_{min}: Ancho menor de la sección transversal b_{min} : *160.00* mm

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: *2.77* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : *0.90*

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante $f_{v,k}$: *4.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

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

η : **0.277** ✓

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

η : **0.355** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$: 0.92 MPa

$\sigma_{m,z,d}$: 5.26 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$: 1.92 kN·m

$M_{z,d}$: 6.28 kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$: 2090.67 cm³

$W_{el,z}$: 1194.67 cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$: 16.62 MPa

$f_{m,z,d}$: 16.62 MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

k_{mod} : 0.90

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: 24.00 MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

$k_{h,y}$: 1.00

$k_{h,z}$: 1.00

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : 1.30

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

k_m : 0.70

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

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

η : ***0.277*** ✓

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

η : ***0.355*** ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

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

η : ***0.282*** ✓

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

η : ***0.363*** ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d}$: *0.06* MPa

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra $N_{c,0,d}$: *2.63* kN

A: Área de la sección transversal **A** : *448.00* cm²

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d}$: *0.92* MPa

$\sigma_{m,z,d}$: *5.26* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: *-1.92* kN·m

$M_{z,d}$: *6.28* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: *2090.67* cm³

$W_{el,z}$: *1194.67* cm³

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $f_{c,0,d}$: *14.54* MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : *0.90*

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra $f_{c,0,k}$: *21.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$	:	*16.62*	MPa
$f_{m,z,d}$	:	*16.62*	MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : *0.90*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

$k_{h,y}$	:	*1.00*
$k_{h,z}$	:	*1.00*

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : *0.70*

χ_c: Factor de inestabilidad

$\chi_{c,y}$	:	*0.86*
$\chi_{c,z}$	:	*0.49*

Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,y,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$ η : ***0.056*** ✓

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,z,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$ η : ***0.102*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{y,d}$: *0.09* MPa

$\tau_{z,d}$: *0.16* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo

$V_{y,d}$: *1.72* kN

$V_{z,d}$: *3.28* kN

A: Área de la sección transversal — **A** : *448.00* cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas — k_{cr} : *0.67*

$\tau_{tor,d}$: Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$\tau_{tor,y,d}$: *0.09* MPa

$\tau_{tor,z,d}$: *0.15* MPa

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{x,d}$: Momento torsor de cálculo — $M_{x,d}$: *0.27* kN·m

W_{tor}: Modulo resistente a torsión

$W_{tor,y}$: *3098.37* cm³

$W_{tor,z}$: *1770.50* cm³

k_{forma}: Factor cuyo valor depende del tipo de sección — k_{forma} : *1.26*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: — $f_{v,d}$: *2.77* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

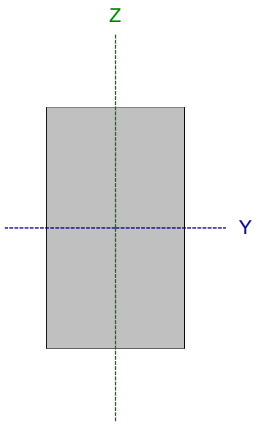
k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : *0.90*

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante — $f_{v,k}$: *4.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : *1.30*

Barra N9/N4

Perfil: S-280x160
Material: Madera (C24)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	$I_y^{(1)}$ (cm4)	$I_z^{(1)}$ (cm4)	$I_t^{(2)}$ (cm4)
N9	N4	3.490	448.00	29269.33	9557.33	24371.20

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	3.490	3.490	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

η : ***0.006*** ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

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

η : ***0.006*** ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

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

η : ***0.011*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d}$: *0.05* MPa

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra $N_{c,0,d}$: *2.40* kN

A: Área de la sección transversal **A** : *448.00* cm²

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: **$f_{c,0,d}$** : *9.69* MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) **k_{mod}** : *0.60*

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra **$f_{c,0,k}$** : *21.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-M: 6.3.2)

χ_c: Factor de inestabilidad, dado por: $\chi_{c,y}$: *0.86*

$\chi_{c,z}$: *0.49*

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot \left(1 + \beta_c \cdot \left(\lambda_{rel} - 0.3\right) + \lambda_{rel}^2\right)$$

k_y : *0.81*

k_z : *1.42*

Donde:

β_c: Factor asociado a la rectitud de las piezas β_c : *0.20*

λ_{rel}: Esbeltez relativa, dada por: $\lambda_{rel,y}$: *0.73*

$\lambda_{rel,z}$: *1.28*

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra **$E_{0,k}$** : *7400.00* MPa

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra **$f_{c,0,k}$** : *21.00* MPa

λ: Esbeltez mecánica, dada por: λ_y : *43.18*

λ_z : *75.56*

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

L_k: Longitud de pandeo de la barra **$L_{k,y}$** : *3490.00* mm

$L_{k,z}$: *3490.00* mm

i: Radio de giro **i_y** : *80.83* mm

i_z : *46.19* mm

Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

η : ***0.082*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^{+}$: *0.00* MPa

$\sigma_{m,y,d}^{-}$: *0.91* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}^{+}$: *0.00* kN·m

$M_{y,d}^{-}$: *1.91* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$: *2090.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$: *11.08* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

k_{mod} : *0.60*

Donde:

Clase de duración de la carga — **Clase** : *Permanente*

Clase de servicio — **Clase** : *2*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : *1.30*

Resistencia a flexión en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

η : ***0.312*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vx.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,z,d}$: *5.19* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{z,d}$: *6.20* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,z}$: *1194.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad k_{mod} : *0.90*

Donde:

Clase de duración de la carga **Clase** : *Corta duración*

Clase de servicio **Clase** : *2*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.029*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{y,d}$: *0.08* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo **$V_{y,d}$** : *1.62* kN

A: Área de la sección transversal **A** : *448.00* cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas **k_{cr}** : *0.67*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: **$f_{v,d}$** : *2.77* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) **k_{mod}** : *0.90*

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante **$f_{v,k}$** : *4.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.089*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{z,d}$: *0.16* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

- **V_d**: Cortante de cálculo — $V_{z,d}$: *3.28* kN
- **A**: Área de la sección transversal — **A** : *448.00* cm²
- **k_{cr}**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas — k_{cr} : *0.67*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: *1.85* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

- **k_{mod}**: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : *0.60*
- **$f_{v,k}$**: Resistencia característica a cortante — $f_{v,k}$: *4.00* MPa
- γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : *1.30*

Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{tor,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.042*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\tau_{tor,d}$: Tensión de cálculo a torsión, dada por: $\tau_{tor,d}$: *0.15* MPa

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{x,d}$: Momento torsor de cálculo $M_{x,d}$: *0.26* kN·m

W_{tor}: Modulo resistente a torsión W_{tor} : *1770.50* cm³

k_{forma}: Factor cuyo valor depende del tipo de sección k_{forma} : *1.26*

$$k_{forma} = \min\left\{2.0 \; ; \; 1 + 0.15 \cdot \frac{b_{max}}{b_{min}}\right\}$$

Donde:

b_{max}: Ancho mayor de la sección transversal b_{max} : *280.00* mm

b_{min}: Ancho menor de la sección transversal b_{min} : *160.00* mm

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: *2.77* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : *0.90*

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante $f_{v,k}$: *4.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

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

η : **0.273** ✓

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

η : **0.351** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$: 0.91 MPa

$\sigma_{m,z,d}$: 5.19 MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$: 1.91 kN·m

$M_{z,d}$: 6.20 kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$: 2090.67 cm³

$W_{el,z}$: 1194.67 cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$: 16.62 MPa

$f_{m,z,d}$: 16.62 MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

k_{mod} : 0.90

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: 24.00 MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

$k_{h,y}$: 1.00

$k_{h,z}$: 1.00

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : 1.30

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

k_m : 0.70

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

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

η : **0.273** ✓

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

η : **0.351** ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

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

η : **0.278** ✓

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

η : **0.358** ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d}$: *0.05* MPa

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra $N_{c,0,d}$: *2.40* kN

A: Área de la sección transversal **A** : *448.00* cm²

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d}$: *0.91* MPa

$\sigma_{m,z,d}$: *5.19* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: *-1.91* kN·m

$M_{z,d}$: *6.20* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: *2090.67* cm³

$W_{el,z}$: *1194.67* cm³

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $f_{c,0,d}$: *14.54* MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : *0.90*

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra $f_{c,0,k}$: *21.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$	:	*16.62*	MPa
$f_{m,z,d}$	:	*16.62*	MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

k_{mod} : *0.90*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

$k_{h,y}$	:	*1.00*
$k_{h,z}$	:	*1.00*

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : *1.30*

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

k_m : *0.70*

χ_c: Factor de inestabilidad

$\chi_{c,y}$	:	*0.86*
$\chi_{c,z}$	:	*0.49*

Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,y,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$ η : ***0.053*** ✓

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} + \frac{\tau_{tor,z,d}}{k_{forma} \cdot f_{v,d}} \leq 1$$ η : ***0.101*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por:

$\tau_{y,d}$: *0.08* MPa

$\tau_{z,d}$: *0.16* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo

$V_{y,d}$: *1.62* kN

$V_{z,d}$: *3.28* kN

A: Área de la sección transversal — **A** : *448.00* cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas — k_{cr} : *0.67*

$\tau_{tor,d}$: Tensión de cálculo a torsión, dada por:

$\tau_{tor,y,d}$: *0.08* MPa

$\tau_{tor,z,d}$: *0.15* MPa

$$\tau_{tor,d} = |M_{x,d}| / W_{tor}$$

Donde:

$M_{x,d}$: Momento torsor de cálculo — $M_{x,d}$: *0.26* kN·m

W_{tor}: Modulo resistente a torsión

$W_{tor,y}$: *3098.37* cm³

$W_{tor,z}$: *1770.50* cm³

k_{forma}: Factor cuyo valor depende del tipo de sección — k_{forma} : *1.26*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: — $f_{v,d}$: *2.77* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

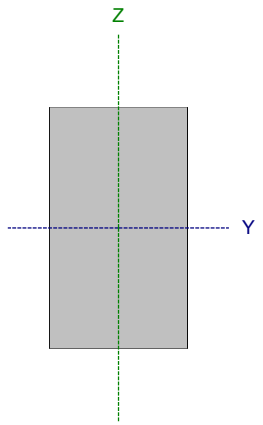
k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : *0.90*

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante — $f_{v,k}$: *4.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : *1.30*

Barra N28/N9

Perfil: S-280x160
Material: Madera (C24)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	$I_y^{(1)}$ (cm4)	$I_z^{(1)}$ (cm4)	$I_t^{(2)}$ (cm4)
N28	N9	2.791	448.00	29269.33	9557.33	24371.20

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	2.791	2.791	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

η : ***0.008*** ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

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

η : ***0.009*** ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

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

η : ***0.012*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d}$: *0.08* MPa

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra $N_{c,0,d}$: *3.62* kN

A: Área de la sección transversal **A** : *448.00* cm²

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: **$f_{c,0,d}$** : *9.69* MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) **k_{mod}** : *0.60*

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra **$f_{c,0,k}$** : *21.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material **γ_M** : *1.30*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-M: 6.3.2)

χ_c: Factor de inestabilidad, dado por: **$\chi_{c,y}$** : *0.92*

$\chi_{c,z}$: *0.67*

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot \left(1 + \beta_c \cdot \left(\lambda_{rel} - 0.3\right) + \lambda_{rel}^2\right)$$

k_y : *0.70*

k_z : *1.10*

Donde:

β_c: Factor asociado a la rectitud de las piezas **β_c** : *0.20*

λ_{rel}: Esbeltez relativa, dada por: **$\lambda_{rel,y}$** : *0.59*

$\lambda_{rel,z}$: *1.02*

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra **$E_{0,k}$** : *7400.00* MPa

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra **$f_{c,0,k}$** : *21.00* MPa

λ: Esbeltez mecánica, dada por: **λ_y** : *34.53*

λ_z : *60.43*

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

L_k: Longitud de pandeo de la barra **$L_{k,y}$** : *2791.21* mm

$L_{k,z}$: *2791.21* mm

i: Radio de giro **i_y** : *80.83* mm

i_z : *46.19* mm

Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

η : ***0.080*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N9, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^{+}$: *0.00* MPa

$\sigma_{m,y,d}^{-}$: *0.89* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}^{+}$: *0.00* kN·m

$M_{y,d}^{-}$: *1.85* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$: *2090.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$: *11.08* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

k_{mod} : *0.60*

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase : *Permanente*

Clase de servicio

Clase : *2*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : *1.30*

Resistencia a flexión en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

η : ***0.254*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N9, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vx.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,z,d}$: *4.22* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{z,d}$: *5.04* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,z}$: *1194.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad k_{mod} : *0.90*

Donde:

Clase de duración de la carga **Clase** : *Corta duración*

Clase de servicio **Clase** : *2*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.033*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{y,d}$: *0.09* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

- **V_d**: Cortante de cálculo — $V_{y,d}$: *1.80* kN
- **A**: Área de la sección transversal — **A** : *448.00* cm²
- **k_{cr}**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas — k_{cr} : *0.67*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: *2.77* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

- **k_{mod}**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : *0.90*
- **$f_{v,k}$**: Resistencia característica a cortante — $f_{v,k}$: *4.00* MPa
- **γ_M**: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : *1.30*

Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.089*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N9, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{z,d}$: *0.16* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

- **V_d**: Cortante de cálculo — $V_{z,d}$: *3.27* kN
- **A**: Área de la sección transversal — **A** : *448.00* cm²
- **k_{cr}**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas — k_{cr} : *0.67*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: *1.85* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

- **k_{mod}**: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : *0.60*
- **$f_{v,k}$**: Resistencia característica a cortante — $f_{v,k}$: *4.00* MPa
- **γ_M**: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : *1.30*

Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

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

η : ***0.231*** ✓

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

η : ***0.291*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N9, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$: *0.89* MPa

$\sigma_{m,z,d}$: *4.22* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$: *1.85* kN·m

$M_{z,d}$: *5.04* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$: *2090.67* cm³

$W_{el,z}$: *1194.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$: *16.62* MPa

$f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

k_{mod} : *0.90*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

$k_{h,y}$: *1.00*

$k_{h,z}$: *1.00*

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : *1.30*

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

k_m : *0.70*

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N9, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

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

η : ***0.231*** ✓

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

η : ***0.291*** ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

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

η : ***0.237*** ✓

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

η : ***0.299*** ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d}$: *0.08* MPa

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra $N_{c,0,d}$: *3.62* kN

A: Área de la sección transversal **A** : *448.00* cm²

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d}$: *0.89* MPa

$\sigma_{m,z,d}$: *4.22* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: *-1.85* kN·m

$M_{z,d}$: *5.04* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: *2090.67* cm³

$W_{el,z}$: *1194.67* cm³

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $f_{c,0,d}$: *14.54* MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : *0.90*

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra $f_{c,0,k}$: *21.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$	:	16.62	MPa
$f_{m,z,d}$	:	16.62	MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : 0.90

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: 24.00 MPa

k_h: Factor de altura, dado por: $k_{h,y}$: 1.00

$k_{h,z}$: 1.00

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.30

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : 0.70

χ_c: Factor de inestabilidad $\chi_{c,y}$: 0.92

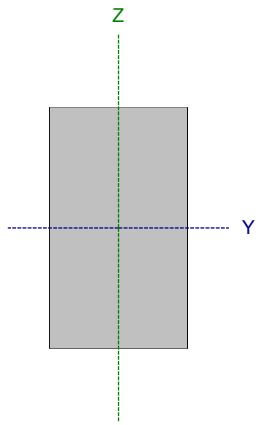
$\chi_{c,z}$: 0.67

Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Barra N13/N34

Perfil: S-280x160
Material: Madera (C24)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	$I_y^{(1)}$ (cm4)	$I_z^{(1)}$ (cm4)	$I_t^{(2)}$ (cm4)
N13	N34	2.791	448.00	29269.33	9557.33	24371.20

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	2.791	2.791	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

η : ***0.006*** ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje y

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

η : ***0.007*** ✓

Resistencia a pandeo por flexión en el eje z

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

η : ***0.009*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d}$: *0.06* MPa

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra $N_{c,0,d}$: *2.62* kN

A: Área de la sección transversal **A** : *448.00* cm²

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: **$f_{c,0,d}$** : *9.69* MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) **k_{mod}** : *0.60*

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra **$f_{c,0,k}$** : *21.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-M: 6.3.2)

χ_c: Factor de inestabilidad, dado por: $\chi_{c,y}$: *0.92*

$\chi_{c,z}$: *0.67*

$$\chi_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}}$$

Donde:

$$k = 0.5 \cdot \left(1 + \beta_c \cdot \left(\lambda_{rel} - 0.3\right) + \lambda_{rel}^2\right)$$

k_y : *0.70*

k_z : *1.10*

Donde:

β_c: Factor asociado a la rectitud de las piezas β_c : *0.20*

λ_{rel}: Esbeltez relativa, dada por: $\lambda_{rel,y}$: *0.59*

$\lambda_{rel,z}$: *1.02*

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra **$E_{0,k}$** : *7400.00* MPa

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra **$f_{c,0,k}$** : *21.00* MPa

λ: Esbeltez mecánica, dada por: λ_y : *34.53*

λ_z : *60.43*

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

L_k: Longitud de pandeo de la barra **$L_{k,y}$** : *2791.21* mm

$L_{k,z}$: *2791.21* mm

i: Radio de giro **i_y** : *80.83* mm

i_z : *46.19* mm

Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

η : ***0.078*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^{+}$: *0.00* MPa

$\sigma_{m,y,d}^{-}$: *0.87* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}^{+}$: *0.00* kN·m

$M_{y,d}^{-}$: *1.82* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$: *2090.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$: *11.08* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

k_{mod} : *0.60*

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase : *Permanente*

Clase de servicio

Clase : *2*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : *1.30*

Resistencia a flexión en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

η : ***0.237*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vx.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,z,d}$: *3.94* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{z,d}$: *4.70* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,z}$: *1194.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad k_{mod} : *0.90*

Donde:

Clase de duración de la carga **Clase** : *Corta duración*

Clase de servicio **Clase** : *2*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.030*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{y,d}$: *0.08* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

- **V_d**: Cortante de cálculo — $V_{y,d}$: *1.68* kN
- **A**: Área de la sección transversal — **A** : *448.00* cm²
- **k_{cr}**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas — k_{cr} : *0.67*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: *2.77* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

- **k_{mod}**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : *0.90*
- **$f_{v,k}$**: Resistencia característica a cortante — $f_{v,k}$: *4.00* MPa
- **γ_M**: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : *1.30*

Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.088*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{z,d}$: *0.16* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

- **V_d**: Cortante de cálculo — $V_{z,d}$: *3.26* kN
- **A**: Área de la sección transversal — **A** : *448.00* cm²
- **k_{cr}**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas — k_{cr} : *0.67*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: *1.85* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

- **k_{mod}**: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : *0.60*
- **$f_{v,k}$**: Resistencia característica a cortante — $f_{v,k}$: *4.00* MPa
- **γ_M**: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : *1.30*

Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

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

η : ***0.218*** ✓

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

η : ***0.273*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$: *0.87* MPa

$\sigma_{m,z,d}$: *3.94* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$: *1.82* kN·m

$M_{z,d}$: *4.70* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$: *2090.67* cm³

$W_{el,z}$: *1194.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$: *16.62* MPa

$f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

k_{mod} : *0.90*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

$k_{h,y}$: *1.00*

$k_{h,z}$: *1.00*

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : *1.30*

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

k_m : *0.70*

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N13, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

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

η : **0.218** ✓

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

η : **0.273** ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

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

η : **0.222** ✓

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

η : **0.279** ✓

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d}$: *0.06* MPa

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}|/A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra $N_{c,0,d}$: *2.62* kN

A: Área de la sección transversal **A** : *448.00* cm²

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d}$: *0.87* MPa

$\sigma_{m,z,d}$: *3.94* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: *-1.82* kN·m

$M_{z,d}$: *4.70* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: *2090.67* cm³

$W_{el,z}$: *1194.67* cm³

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $f_{c,0,d}$: *14.54* MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : *0.90*

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra $f_{c,0,k}$: *21.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$	:	16.62	MPa
$f_{m,z,d}$	:	16.62	MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : 0.90

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: 24.00 MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

$k_{h,y}$	:	1.00	
$k_{h,z}$	:	1.00	

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.30

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : 0.70

χ_c: Factor de inestabilidad

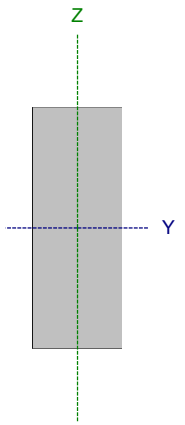
$\chi_{c,y}$	:	0.92	
$\chi_{c,z}$	:	0.67	

Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Barra N25/N28

Perfil: GL-700x260
Material: Madera (C24)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	$I_y^{(1)}$ (cm4)	$I_z^{(1)}$ (cm4)	$I_t^{(2)}$ (cm4)
N25	N28	0.553	1820.00	743166.67	102526.67	310703.12

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.553	0.553	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

η : **0.002** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d}$: 0.02 MPa

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra — $N_{c,0,d}$: 3.19 kN

A: Área de la sección transversal — **A** : 1820.00 cm²

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $f_{c,0,d}$: 9.69 MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : 0.60

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra — $f_{c,0,k}$: 21.00 MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : 1.30

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-M: 6.3.2)

No se comprueba la resistencia a pandeo por flexión, ya que el valor de la esbeltez relativa es inferior a 0.3.

λ_{rel}: Esbeltez relativa, dada por: $\lambda_{rel,y}$: 0.05

$\lambda_{rel,z}$: 0.12

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra — $E_{0,k}$: 7400.00 MPa

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra — $f_{c,0,k}$: 21.00 MPa

λ: Esbeltez mecánica, dada por: λ_y : 2.74

λ_z : 7.37

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

L_k: Longitud de pandeo de la barra — $L_{k,y}$: 552.88 mm

$L_{k,z}$: 552.88 mm

i: Radio de giro — i_y : 202.07 mm

i_z : 75.06 mm

Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

η : ***0.004*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^{+}$: *0.05* MPa

$\sigma_{m,y,d}^{-}$: *0.00* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}^{+}$: *1.03* kN·m

$M_{y,d}^{-}$: *0.00* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$: *21233.33* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$: *11.08* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

k_{mod} : *0.60*

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase : *Permanente*

Clase de servicio

Clase : *2*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : *1.30*

Resistencia a flexión en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

η : ***0.251*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vx.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,z,d}$: *4.17* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{z,d}$: *32.85* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,z}$: *7886.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad k_{mod} : *0.90*

Donde:

Clase de duración de la carga **Clase** : *Corta duración*

Clase de servicio **Clase** : *2*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.032*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{y,d}$: *0.09* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

- **V_d**: Cortante de cálculo — $V_{y,d}$: *7.17* kN
- **A**: Área de la sección transversal — **A** : *1820.00* cm²
- **k_{cr}**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas — k_{cr} : *0.67*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: *2.77* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

- **k_{mod}**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : *0.90*
- **$f_{v,k}$**: Resistencia característica a cortante — $f_{v,k}$: *4.00* MPa
- γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : *1.30*

Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.003*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.8·CM1.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{z,d}$: *0.01* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

- **V_d**: Cortante de cálculo — $V_{z,d}$: *0.51* kN
- **A**: Área de la sección transversal — **A** : *1820.00* cm²
- **k_{cr}**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas — k_{cr} : *0.67*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: *1.85* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

- **k_{mod}**: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : *0.60*
- **$f_{v,k}$**: Resistencia característica a cortante — $f_{v,k}$: *4.00* MPa
- **γ_M**: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : *1.30*

Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

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

η : ***0.178*** ✓

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

η : ***0.253*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$: *0.04* MPa

$\sigma_{m,z,d}$: *4.17* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$: *0.95* kN·m

$M_{z,d}$: *32.85* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$: *21233.33* cm³

$W_{el,z}$: *7886.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$: *16.62* MPa

$f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

k_{mod} : *0.90*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

$k_{h,y}$: *1.00*

$k_{h,z}$: *1.00*

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : *1.30*

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

k_m : *0.70*

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

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

η : ***0.178*** ✓

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

η : ***0.253*** ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

La comprobación no procede, ya que la esbeltez relativa es inferior a 0.3, para ambos ejes.

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d}$: *0.01* MPa

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra $N_{c,0,d}$: *2.66* kN

A: Área de la sección transversal **A** : *1820.00* cm²

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d}$: *0.04* MPa

$\sigma_{m,z,d}$: *4.17* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: *0.95* kN·m

$M_{z,d}$: *32.85* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: *21233.33* cm³

$W_{el,z}$: *7886.67* cm³

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $f_{c,0,d}$: *14.54* MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : *0.90*

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra $f_{c,0,k}$: *21.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d}$: *16.62* MPa

$f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : 0.90

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: 24.00 MPa

k_h: Factor de altura, dado por: $k_{h,y}$: 1.00

$k_{h,z}$: 1.00

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.30

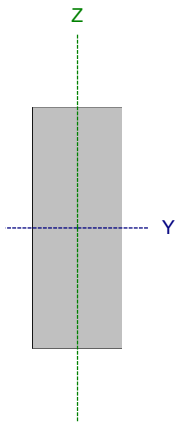
k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : 0.70

Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Barra N27/N25

Perfil: GL-700x260
Material: Madera (C24)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	$I_y^{(1)}$ (cm4)	$I_z^{(1)}$ (cm4)	$I_t^{(2)}$ (cm4)
N27	N25	0.926	1820.00	743166.67	102526.67	310703.12

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.926	0.926	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

η < ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N27, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d}$: *0.00* MPa

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra **$N_{c,0,d}$** : *0.82* kN

A: Área de la sección transversal **A** : *1820.00* cm²

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $f_{c,0,d}$: *9.69* MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : *0.60*

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra $f_{c,0,k}$: *21.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-M: 6.3.2)

No se comprueba la resistencia a pandeo por flexión, ya que el valor de la esbeltez relativa es inferior a 0.3.

λ_{rel}: Esbeltez relativa, dada por: $\lambda_{rel,y}$: *0.08*

$\lambda_{rel,z}$: *0.21*

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra **$E_{0,k}$** : *7400.00* MPa

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra **$f_{c,0,k}$** : *21.00* MPa

λ: Esbeltez mecánica, dada por: λ_y : *4.58*

λ_z : *12.34*

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

L_k: Longitud de pandeo de la barra **$L_{k,y}$** : *926.44* mm

$L_{k,z}$: *926.44* mm

i: Radio de giro **i_y** : *202.07* mm

i_z : *75.06* mm

Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

η : ***0.004*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·CM1.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^{+}$: *0.04* MPa

$\sigma_{m,y,d}^{-}$: *0.00* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}^{+}$: *0.95* kN·m

$M_{y,d}^{-}$: *0.00* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$: *21233.33* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$: *11.08* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

k_{mod} : *0.60*

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase : *Permanente*

Clase de servicio

Clase : *2*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : *1.30*

Resistencia a flexión en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

η : ***0.251*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vx.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,z,d}$: *4.17* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{z,d}$: *32.85* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,z}$: *7886.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad k_{mod} : *0.90*

Donde:

Clase de duración de la carga **Clase** : *Corta duración*

Clase de servicio **Clase** : *2*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.115*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{y,d}$: *0.32* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo **$V_{y,d}$** : *25.83* kN

A: Área de la sección transversal **A** : *1820.00* cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas **k_{cr}** : *0.67*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: **$f_{v,d}$** : *2.77* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) **k_{mod}** : *0.90*

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante **$f_{v,k}$** : *4.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material **γ_M** : *1.30*

Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.012*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N27, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{z,d}$: *0.02* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

- **V_d**: Cortante de cálculo — $V_{z,d}$: *1.87* kN
- **A**: Área de la sección transversal — **A** : *1820.00* cm²
- **k_{cr}**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas — k_{cr} : *0.67*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: *1.85* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

- **k_{mod}**: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : *0.60*
- **$f_{v,k}$**: Resistencia característica a cortante — $f_{v,k}$: *4.00* MPa
- **γ_M**: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : *1.30*

Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

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

η : ***0.178*** ✓

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

η : ***0.253*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$: *0.04* MPa

$\sigma_{m,z,d}$: *4.17* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$: *0.95* kN·m

$M_{z,d}$: *32.85* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$: *21233.33* cm³

$W_{el,z}$: *7886.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$: *16.62* MPa

$f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

k_{mod} : *0.90*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

$k_{h,y}$: *1.00*

$k_{h,z}$: *1.00*

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : *1.30*

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

k_m : *0.70*

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N25, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

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

η : ***0.178*** ✓

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

η : ***0.253*** ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

La comprobación no procede, ya que la esbeltez relativa es inferior a 0.3, para ambos ejes.

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d}$: *0.00* MPa

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra $N_{c,0,d}$: *0.22* kN

A: Área de la sección transversal **A** : *1820.00* cm²

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d}$: *0.04* MPa

$\sigma_{m,z,d}$: *4.17* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: *0.95* kN·m

$M_{z,d}$: *32.85* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: *21233.33* cm³

$W_{el,z}$: *7886.67* cm³

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $f_{c,0,d}$: *14.54* MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : *0.90*

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra $f_{c,0,k}$: *21.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d}$: *16.62* MPa

$f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : 0.90

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: 24.00 MPa

k_h: Factor de altura, dado por: $k_{h,y}$: 1.00

$k_{h,z}$: 1.00

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.30

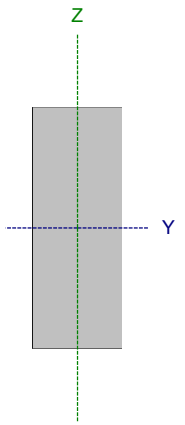
k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : 0.70

Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Barra N33/N31

Perfil: GL-700x260
Material: Madera (C24)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	$I_y^{(1)}$ (cm4)	$I_z^{(1)}$ (cm4)	$I_t^{(2)}$ (cm4)
N33	N31	0.926	1820.00	743166.67	102526.67	310703.12

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.926	0.926	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

η : **0.001** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N33, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d}$: 0.01 MPa

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra — $N_{c,0,d}$: 1.19 kN

A: Área de la sección transversal — **A** : 1820.00 cm²

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $f_{c,0,d}$: 9.69 MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : 0.60

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra — $f_{c,0,k}$: 21.00 MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : 1.30

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-M: 6.3.2)

No se comprueba la resistencia a pandeo por flexión, ya que el valor de la esbeltez relativa es inferior a 0.3.

λ_{rel}: Esbeltez relativa, dada por: $\lambda_{rel,y}$: 0.08

$\lambda_{rel,z}$: 0.21

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra — $E_{0,k}$: 7400.00 MPa

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra — $f_{c,0,k}$: 21.00 MPa

λ: Esbeltez mecánica, dada por: λ_y : 4.58

λ_z : 12.34

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

L_k: Longitud de pandeo de la barra — $L_{k,y}$: 926.44 mm

$L_{k,z}$: 926.44 mm

i: Radio de giro — i_y : 202.07 mm

i_z : 75.06 mm

Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

η : ***0.002*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^{+}$: *0.03* MPa

$\sigma_{m,y,d}^{-}$: *0.00* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}^{+}$: *0.58* kN·m

$M_{y,d}^{-}$: *0.00* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$: *21233.33* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$: *11.08* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

k_{mod} : *0.60*

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase : *Permanente*

Clase de servicio

Clase : *2*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : *1.30*

Resistencia a flexión en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

η : ***0.236*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,z,d}$: *3.92* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{z,d}$: *30.92* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,z}$: *7886.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad k_{mod} : *0.90*

Donde:

Clase de duración de la carga **Clase** : *Corta duración*

Clase de servicio **Clase** : *2*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.121*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{y,d}$: *0.34* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

- **V_d**: Cortante de cálculo — $V_{y,d}$: *27.25* kN
- **A**: Área de la sección transversal — **A** : *1820.00* cm²
- **k_{cr}**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas — k_{cr} : *0.67*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: *2.77* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

- **k_{mod}**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : *0.90*
- **$f_{v,k}$**: Resistencia característica a cortante — $f_{v,k}$: *4.00* MPa
- γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : *1.30*

Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.009*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N33, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{z,d}$: *0.02* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

- **V_d**: Cortante de cálculo $V_{z,d}$: *1.30* kN
- **A**: Área de la sección transversal **A** : *1820.00* cm²
- **k_{cr}**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas k_{cr} : *0.67*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: *1.85* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

- **k_{mod}**: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : *0.60*
- **$f_{v,k}$**: Resistencia característica a cortante $f_{v,k}$: *4.00* MPa
- **γ_M**: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

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

η : ***0.167*** ✓

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

η : ***0.237*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$: *0.03* MPa

$\sigma_{m,z,d}$: *3.92* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$: *0.58* kN·m

$M_{z,d}$: *30.92* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$: *21233.33* cm³

$W_{el,z}$: *7886.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$: *16.62* MPa

$f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

k_{mod} : *0.90*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

$k_{h,y}$: *1.00*

$k_{h,z}$: *1.00*

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : *1.30*

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

k_m : *0.70*

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

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

η : ***0.167*** ✓

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

η : ***0.237*** ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

La comprobación no procede, ya que la esbeltez relativa es inferior a 0.3, para ambos ejes.

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d}$: *0.00* MPa

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra $N_{c,0,d}$: *0.62* kN

A: Área de la sección transversal **A** : *1820.00* cm²

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d}$: *0.03* MPa

$\sigma_{m,z,d}$: *3.92* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: *0.58* kN·m

$M_{z,d}$: *30.92* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: *21233.33* cm³

$W_{el,z}$: *7886.67* cm³

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $f_{c,0,d}$: *14.54* MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : *0.90*

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra $f_{c,0,k}$: *21.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d}$: *16.62* MPa

$f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : 0.90

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: 24.00 MPa

k_h: Factor de altura, dado por: $k_{h,y}$: 1.00

$k_{h,z}$: 1.00

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.30

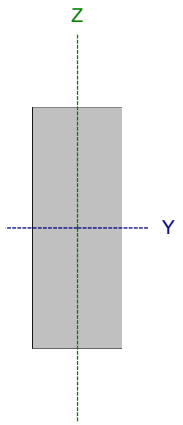
k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : 0.70

Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Barra N31/N34

Perfil: GL-700x260
Material: Madera (C24)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	$I_y^{(1)}$ (cm4)	$I_z^{(1)}$ (cm4)	$I_t^{(2)}$ (cm4)
N31	N34	0.553	1820.00	743166.67	102526.67	310703.12

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.553	0.553	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a compresión

$$\eta = \frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}} \leq 1$$

η : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d}$: *0.01* MPa

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra **$N_{c,0,d}$** : *2.37* kN

A: Área de la sección transversal **A** : *1820.00* cm²

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $f_{c,0,d}$: *9.69* MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : *0.60*

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra $f_{c,0,k}$: *21.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-M: 6.3.2)

No se comprueba la resistencia a pandeo por flexión, ya que el valor de la esbeltez relativa es inferior a 0.3.

λ_{rel}: Esbeltez relativa, dada por: $\lambda_{rel,y}$: *0.05*

$\lambda_{rel,z}$: *0.12*

$$\lambda_{rel} = \frac{\lambda}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,k}}}$$

Donde:

$E_{0,k}$: Valor del quinto percentil del módulo de elasticidad paralelo a la fibra $E_{0,k}$: *7400.00* MPa

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra $f_{c,0,k}$: *21.00* MPa

λ: Esbeltez mecánica, dada por: λ_y : *2.74*

λ_z : *7.37*

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

Donde:

L_k: Longitud de pandeo de la barra $L_{k,y}$: *552.88* mm

$L_{k,z}$: *552.88* mm

i: Radio de giro i_y : *202.07* mm

i_z : *75.06* mm

Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

η : ***0.004*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N34, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^{+}$: *0.05* MPa

$\sigma_{m,y,d}^{-}$: *0.00* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}^{+}$: *1.02* kN·m

$M_{y,d}^{-}$: *0.00* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$: *21233.33* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$: *11.08* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

k_{mod} : *0.60*

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase : *Permanente*

Clase de servicio

Clase : *2*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : *1.30*

Resistencia a flexión en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

η : ***0.236*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,z,d}$: *3.92* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{z,d}$: *30.92* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,z}$: *7886.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad k_{mod} : *0.90*

Donde:

Clase de duración de la carga **Clase** : *Corta duración*

Clase de servicio **Clase** : *2*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.030*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{y,d}$: *0.08* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

V_d: Cortante de cálculo **$V_{y,d}$** : *6.76* kN

A: Área de la sección transversal **A** : *1820.00* cm²

k_{cr}: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas **k_{cr}** : *0.67*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: **$f_{v,d}$** : *2.77* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) **k_{mod}** : *0.90*

$f_{v,k}$: Resistencia característica a cortante **$f_{v,k}$** : *4.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.007*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{z,d}$: *0.01* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

- **V_d**: Cortante de cálculo — $V_{z,d}$: *1.01* kN
- **A**: Área de la sección transversal — **A** : *1820.00* cm²
- **k_{cr}**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas — k_{cr} : *0.67*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: *1.85* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

- **k_{mod}**: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : *0.60*
- **$f_{v,k}$**: Resistencia característica a cortante — $f_{v,k}$: *4.00* MPa
- **γ_M**: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : *1.30*

Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

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

η : ***0.167*** ✓

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

η : ***0.237*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$: *0.03* MPa

$\sigma_{m,z,d}$: *3.92* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$: *0.58* kN·m

$M_{z,d}$: *30.92* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$: *21233.33* cm³

$W_{el,z}$: *7886.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$: *16.62* MPa

$f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

k_{mod} : *0.90*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

$k_{h,y}$: *1.00*

$k_{h,z}$: *1.00*

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : *1.30*

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

k_m : *0.70*

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)

La comprobación no procede, ya que no hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación.

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N31, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión y compresión combinados

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

η : ***0.167*** ✓

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

η : ***0.237*** ✓

Resistencia a pandeo para flexión y compresión combinados

La comprobación no procede, ya que la esbeltez relativa es inferior a 0.3, para ambos ejes.

Resistencia a vuelco lateral para flexión y compresión combinados

No es necesaria la comprobación de resistencia a vuelco lateral ya que la longitud de vuelco lateral es nula.

Donde:

$\sigma_{c,0,d}$: Tensión de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{c,0,d}$: *0.01* MPa

$$\sigma_{c0,d} = |N_{c,0,d}| / A$$

Donde:

$N_{c,0,d}$: Compresión axial de cálculo paralela a la fibra $N_{c,0,d}$: *2.37* kN

A: Área de la sección transversal **A** : *1820.00* cm²

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d}$: *0.03* MPa

$\sigma_{m,z,d}$: *3.92* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: *0.58* kN·m

$M_{z,d}$: *30.92* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: *21233.33* cm³

$W_{el,z}$: *7886.67* cm³

$f_{c,0,d}$: Resistencia de cálculo a compresión paralela a la fibra, dada por: $f_{c,0,d}$: *14.54* MPa

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : *0.90*

$f_{c,0,k}$: Resistencia característica a compresión paralela a la fibra $f_{c,0,k}$: *21.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d}$: *16.62* MPa

$f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : 0.90

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: 24.00 MPa

k_h: Factor de altura, dado por: $k_{h,y}$: 1.00

$k_{h,z}$: 1.00

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : 1.30

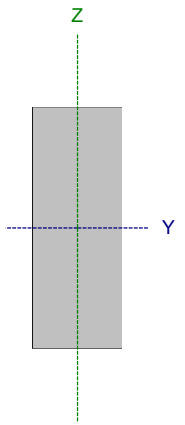
k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal k_m : 0.70

Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Barra N28/N29

Perfil: GL-700x260
Material: Madera (C24)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	$I_y^{(1)}$ (cm4)	$I_z^{(1)}$ (cm4)	$I_t^{(2)}$ (cm4)
N28	N29	3.517	1820.00	743166.67	102526.67	310703.12

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	3.517	3.517	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η : ***0.003*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N29, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{t,0,d}$: *0.02* MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra — $N_{t,0,d}$: *3.37* kN

A: Área de la sección transversal — **A** : *1820.00* cm²

$f_{t,0,d}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $f_{t,0,d}$: *6.46* MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : *0.60*

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra — $f_{t,0,k}$: *14.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : *1.30*

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

η : ***0.008*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N29, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^{+}$: *0.00* MPa

$\sigma_{m,y,d}^{-}$: *0.09* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}^{+}$: *0.00* kN·m

$M_{y,d}^{-}$: *1.84* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$: *21233.33* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$: *11.08* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

k_{mod} : *0.60*

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase : *Permanente*

Clase de servicio

Clase : *2*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : *1.30*

Resistencia a flexión en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

η : ***0.220*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vx.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,z,d}$: *3.66* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{z,d}$: *28.88* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,z}$: *7886.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad k_{mod} : *0.90*

Donde:

Clase de duración de la carga **Clase** : *Corta duración*

Clase de servicio **Clase** : *2*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.040*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{y,d}$: *0.11* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

- **V_d**: Cortante de cálculo — $V_{y,d}$: *8.97* kN
- **A**: Área de la sección transversal — **A** : *1820.00* cm²
- **k_{cr}**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas — k_{cr} : *0.67*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: *2.77* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

- **k_{mod}**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : *0.90*
- **$f_{v,k}$**: Resistencia característica a cortante — $f_{v,k}$: *4.00* MPa
- γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : *1.30*

Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.015*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N29, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{z,d}$: *0.03* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

- **V_d**: Cortante de cálculo $V_{z,d}$: *2.23* kN
- **A**: Área de la sección transversal **A** : *1820.00* cm²
- **k_{cr}**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas k_{cr} : *0.67*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: *1.85* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

- **k_{mod}**: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : *0.60*
- **$f_{v,k}$**: Resistencia característica a cortante $f_{v,k}$: *4.00* MPa
- **γ_M**: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

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

η : ***0.157*** ✓

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

η : ***0.222*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$: *0.05* MPa

$\sigma_{m,z,d}$: *3.66* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$: *1.03* kN·m

$M_{z,d}$: *28.88* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$: *21233.33* cm³

$W_{el,z}$: *7886.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$: *16.62* MPa

$f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

k_{mod} : *0.90*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

$k_{h,y}$: *1.00*

$k_{h,z}$: *1.00*

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : *1.30*

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

k_m : *0.70*

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

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

η : ***0.158*** ✓

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

η : ***0.223*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N28, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{t,0,d}$: *0.01* MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra $N_{t,0,d}$: *1.21* kN

A: Área de la sección transversal **A** : *1820.00* cm²

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d}$: *0.05* MPa

$\sigma_{m,z,d}$: *3.66* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: *1.03* kN·m

$M_{z,d}$: *-28.88* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: *21233.33* cm³

$W_{el,z}$: *7886.67* cm³

$f_{t,0,d}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $f_{t,0,d}$: *9.69* MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : *0.90*

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra $f_{t,0,k}$: *14.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d}$: *16.62* MPa

$f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : *0.90*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por: $k_{h,y}$: *1.00*

$k_{h,z}$: *1.00*

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal **k_m** : *0.70*

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

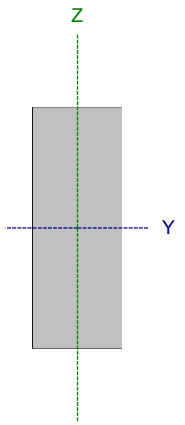
La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

Barra N34/N35

Perfil: GL-700x260
Material: Madera (C24)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	$I_y^{(1)}$ (cm4)	$I_z^{(1)}$ (cm4)	$I_t^{(2)}$ (cm4)
N34	N35	3.517	1820.00	743166.67	102526.67	310703.12

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	3.517	3.517	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Resistencia a tracción uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.2)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} \leq 1$$

η : ***0.003*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N35, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{t,0,d}$: *0.02* MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra $N_{t,0,d}$: *3.41* kN

A: Área de la sección transversal **A** : *1820.00* cm²

$f_{t,0,d}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $f_{t,0,d}$: *6.46* MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : *0.60*

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra $f_{t,0,k}$: *14.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a compresión uniforme paralela a la fibra (CTE DB SE-M: 6.1.4 - 6.3.2)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} \leq 1$$

η : ***0.008*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N35, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que la correspondiente longitud de pandeo es nula.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}^{+}$: *0.00* MPa

$\sigma_{m,y,d}^{-}$: *0.08* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}^{+}$: *0.00* kN·m

$M_{y,d}^{-}$: *1.80* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$: *21233.33* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$: *11.08* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad

k_{mod} : *0.60*

Donde:

Clase de duración de la carga

Clase : *Permanente*

Clase de servicio

Clase : *2*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : *1.30*

Resistencia a flexión en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.6 - 6.3.3)

Se debe satisfacer:

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$$\eta = \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

η : ***0.207*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N34, para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

No se comprueba la resistencia a vuelco lateral, ya que el módulo resistente elástico de la sección respecto al eje z es inferior o igual al módulo resistente elástico respecto al eje y.

Resistencia de la sección transversal a flexión:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,z,d}$: *3.45* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{z,d}$: *27.18* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,z}$: *7886.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación para la duración de la carga y el contenido de humedad k_{mod} : *0.90*

Donde:

Clase de duración de la carga **Clase** : *Corta duración*

Clase de servicio **Clase** : *2*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

Resistencia a cortante en el eje y (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{y,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.038*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.8·CM1+1.5·Vy.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{y,d}$: *0.10* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

- **V_d**: Cortante de cálculo — $V_{y,d}$: *8.44* kN
- **A**: Área de la sección transversal — **A** : *1820.00* cm²
- **k_{cr}**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas — k_{cr} : *0.67*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: *2.77* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

- **k_{mod}**: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : *0.90*
- **$f_{v,k}$**: Resistencia característica a cortante — $f_{v,k}$: *4.00* MPa
- γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : *1.30*

Resistencia a cortante en el eje z (CTE DB SE-M: 6.1.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{\tau_{z,d}}{f_{v,d}} \leq 1$$

η : ***0.015*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N35, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1.

Donde:

τ_d: Tensión de cálculo a cortante, dada por: $\tau_{z,d}$: *0.03* MPa

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{|V_d|}{A \cdot k_{cr}}$$

Donde:

- **V_d**: Cortante de cálculo — $V_{z,d}$: *2.21* kN
- **A**: Área de la sección transversal — **A** : *1820.00* cm²
- **k_{cr}**: Factor que tiene en cuenta la influencia de las fendas — k_{cr} : *0.67*

$f_{v,d}$: Resistencia de cálculo a cortante, dada por: $f_{v,d}$: *1.85* MPa

$$f_{v,d} = k_{mod} \cdot f_{v,k} / \gamma_M$$

Donde:

- **k_{mod}**: Factor de modificación por la duración de la carga (Permanente) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) — k_{mod} : *0.60*
- **$f_{v,k}$**: Resistencia característica a cortante — $f_{v,k}$: *4.00* MPa
- **γ_M**: Coeficiente parcial para las propiedades del material — γ_M : *1.30*

Resistencia a torsión (CTE DB SE-M: 6.1.9)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a flexión esviada (CTE DB SE-M: 6.1.7)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión esviada

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

η : ***0.148*** ✓

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

η : ***0.209*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N34, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por:

$\sigma_{m,y,d}$: *0.05* MPa

$\sigma_{m,z,d}$: *3.45* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d| / W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo

$M_{y,d}$: *1.02* kN·m

$M_{z,d}$: *27.18* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal

$W_{el,y}$: *21233.33* cm³

$W_{el,z}$: *7886.67* cm³

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por:

$f_{m,y,d}$: *16.62* MPa

$f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2)

k_{mod} : *0.90*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión

$f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por:

$k_{h,y}$: *1.00*

$k_{h,z}$: *1.00*

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material

γ_M : *1.30*

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal

k_m : *0.70*

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.2)

Se debe satisfacer:

Resistencia a flexión y tracción axial combinadas

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

η : ***0.149*** ✓

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

η : ***0.210*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N34, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.35·CM1+1.5·Vy.

Donde:

$\sigma_{t,0,d}$: Tensión de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $\sigma_{t,0,d}$: *0.01* MPa

$$\sigma_{t,0,d} = N_{t,0,d}/A$$

Donde:

$N_{t,0,d}$: Tracción axial de cálculo paralela a la fibra $N_{t,0,d}$: *1.24* kN

A: Área de la sección transversal **A** : *1820.00* cm²

$\sigma_{m,d}$: Tensión de cálculo a flexión, dada por: $\sigma_{m,y,d}$: *0.05* MPa

$\sigma_{m,z,d}$: *3.45* MPa

$$\sigma_{m,d} = |M_d|/W_{el}$$

Donde:

M_d: Momento flector de cálculo $M_{y,d}$: *1.02* kN·m

$M_{z,d}$: *27.18* kN·m

W_{el}: Módulo resistente elástico de la sección transversal $W_{el,y}$: *21233.33* cm³

$W_{el,z}$: *7886.67* cm³

$f_{t,0,d}$: Resistencia de cálculo a tracción paralela a la fibra, dada por: $f_{t,0,d}$: *9.69* MPa

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot k_h \cdot f_{t,0,k}/\gamma_M$$

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : *0.90*

k_h: Factor de altura, dado por: k_h : *1.00*

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

$f_{t,0,k}$: Resistencia característica a tracción paralela a la fibra $f_{t,0,k}$: *14.00* MPa

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

$f_{m,d}$: Resistencia de cálculo a flexión, dada por: $f_{m,y,d}$: *16.62* MPa

$f_{m,z,d}$: *16.62* MPa

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

Donde:

k_{mod}: Factor de modificación por la duración de la carga (Corta duración) y el contenido de humedad (Clase de servicio 2) k_{mod} : *0.90*

$f_{m,k}$: Resistencia característica a flexión $f_{m,k}$: *24.00* MPa

k_h: Factor de altura, dado por: $k_{h,y}$: *1.00*

$k_{h,z}$: *1.00*

Eje y:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$$k_h = 1.0$$

Eje z:

Para cantos (flexión) o anchos (tracción) de piezas rectangulares de madera maciza superiores o iguales a 150 mm:

$k_h = 1.0$

γ_M: Coeficiente parcial para las propiedades del material γ_M : *1.30*

k_m: Factor que tiene en cuenta el efecto de redistribución de tensiones bajo flexión esviada y la falta de homogeneidad del material en la sección transversal **k_m** : *0.70*

Resistencia a flexión y compresión axial combinadas (CTE DB SE-M: 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que la barra no esta sometida a flexión y compresión combinadas.

Resistencia a cortante y torsor combinados (CTE DB SE-M: 6.1.8 - 6.1.9, Criterio de CYPE Ingenieros)

La comprobación no procede, ya que la barra no está sometida a momento torsor ni a esfuerzo cortante.

3.- CIMENTACIÓN

3.1.- Elementos de cimentación aislados

3.1.1.- Descripción

Referencias	Geometría	Armado
N1	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 120.0 cm Ancho inicial Y: 120.0 cm Ancho final X: 120.0 cm Ancho final Y: 120.0 cm Ancho zapata X: 240.0 cm Ancho zapata Y: 240.0 cm Canto: 65.0 cm	Sup X: 12Ø12c/19 Sup Y: 12Ø12c/19 Inf X: 12Ø12c/19 Inf Y: 12Ø12c/19
N6 y N10	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 110.0 cm Ancho inicial Y: 110.0 cm Ancho final X: 110.0 cm Ancho final Y: 110.0 cm Ancho zapata X: 220.0 cm Ancho zapata Y: 220.0 cm Canto: 65.0 cm	Sup X: 11Ø12c/19 Sup Y: 11Ø12c/19 Inf X: 11Ø12c/19 Inf Y: 11Ø12c/19
N39	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 80.0 cm Ancho inicial Y: 80.0 cm Ancho final X: 80.0 cm Ancho final Y: 80.0 cm Ancho zapata X: 160.0 cm Ancho zapata Y: 160.0 cm Canto: 65.0 cm	Sup X: 8Ø12c/19 Sup Y: 8Ø12c/19 Inf X: 8Ø12c/19 Inf Y: 8Ø12c/19
N42 y N45	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 90.0 cm Ancho inicial Y: 90.0 cm Ancho final X: 90.0 cm Ancho final Y: 90.0 cm Ancho zapata X: 180.0 cm Ancho zapata Y: 180.0 cm Canto: 65.0 cm	Sup X: 9Ø12c/19 Sup Y: 9Ø12c/19 Inf X: 9Ø12c/19 Inf Y: 9Ø12c/19
N17	Zapata cuadrada Ancho: 180.0 cm Canto: 65.0 cm	Sup X: 9Ø12c/19 Sup Y: 9Ø12c/19 Inf X: 9Ø12c/19 Inf Y: 9Ø12c/19
N14	Zapata cuadrada Ancho: 140.0 cm Canto: 65.0 cm	Sup X: 7Ø12c/19 Sup Y: 7Ø12c/19 Inf X: 7Ø12c/19 Inf Y: 7Ø12c/19

Referencias	Geometría	Armado
N36	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 15.0 cm Ancho inicial Y: 45.0 cm Ancho final X: 40.0 cm Ancho final Y: 45.0 cm Ancho zapata X: 55.0 cm Ancho zapata Y: 90.0 cm Canto: 50.0 cm	X: 3Ø12c/25 Y: 2Ø12c/25
N20 y N48	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 40.0 cm Ancho inicial Y: 45.0 cm Ancho final X: 15.0 cm Ancho final Y: 45.0 cm Ancho zapata X: 55.0 cm Ancho zapata Y: 90.0 cm Canto: 40.0 cm	X: 3Ø12c/30 Y: 2Ø12c/30
N22	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 15.0 cm Ancho inicial Y: 45.0 cm Ancho final X: 40.0 cm Ancho final Y: 45.0 cm Ancho zapata X: 55.0 cm Ancho zapata Y: 90.0 cm Canto: 40.0 cm	X: 3Ø12c/30 Y: 2Ø12c/30

3.1.2.- Medición

Referencia: N1		B 500 S, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	12x2.24 12x1.99	26.88 23.87
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	12x2.24 12x1.99	26.88 23.87
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	12x2.24 12x1.99	26.88 23.87
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	12x2.24 12x1.99	26.88 23.87
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	107.52 95.48	 95.48
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	118.27 105.03	 105.03

Referencias: N6 y N10		B 500 S, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	11x2.04 11x1.81	22.44 19.92
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	11x2.04 11x1.81	22.44 19.92
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	11x2.04 11x1.81	22.44 19.92
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	11x2.04 11x1.81	22.44 19.92

Referencias: N6 y N10		B 500 S, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	89.76 79.68	 79.68
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	98.74 87.65	 87.65

Referencia: N39		B 500 S, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	8x1.67 8x1.48	13.36 11.86
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	8x1.73 8x1.54	13.84 12.29
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	8x1.67 8x1.48	13.36 11.86
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	8x1.73 8x1.54	13.84 12.29
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	54.40 48.30	 48.30
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	59.84 53.13	 53.13

Referencias: N42 y N45		B 500 S, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	9x1.64 9x1.46	14.76 13.10
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	9x1.87 9x1.66	16.83 14.94
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	9x1.64 9x1.46	14.76 13.10
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	9x1.87 9x1.66	16.83 14.94
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	63.18 56.08	 56.08
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	69.50 61.69	 61.69

Referencia: N17		B 500 S, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	9x1.64 9x1.46	14.76 13.10
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	9x1.87 9x1.66	16.83 14.94
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	9x1.64 9x1.46	14.76 13.10
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	9x1.87 9x1.66	16.83 14.94
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	63.18 56.08	 56.08

Referencia: N17		B 500 S, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	69.50 61.69	 61.69

Referencia: N14		B 500 S, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	7x1.53 7x1.36	10.71 9.51
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	7x1.53 7x1.36	10.71 9.51
Parrilla superior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	7x1.53 7x1.36	10.71 9.51
Parrilla superior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	7x1.53 7x1.36	10.71 9.51
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	42.84 38.04	 38.04
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	47.12 41.84	 41.84

Referencia: N36		B 500 S, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	3x0.68 3x0.60	2.04 1.81
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	2x1.03 2x0.91	2.06 1.83
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	4.10 3.64	 3.64
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	4.51 4.00	 4.00

Referencias: N20 y N48		B 500 S, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	3x0.68 3x0.60	2.04 1.81
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	2x1.03 2x0.91	2.06 1.83
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	4.10 3.64	 3.64
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	4.51 4.00	 4.00

Referencia: N22		B 500 S, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Parrilla inferior - Armado X	Longitud (m) Peso (kg)	3x0.68 3x0.60	2.04 1.81
Parrilla inferior - Armado Y	Longitud (m) Peso (kg)	2x1.03 2x0.91	2.06 1.83
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	4.10 3.64	 3.64

Referencia: N22		B 500 S, Ys=1.15	Total
Nombre de armado		Ø12	
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	4.51 4.00	4.00

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

	B 500 S, Ys=1.15 (kg)	Hormigón (m³)	
Elemento	Ø12	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencia: N1	105.03	3.74	0.58
Referencias: N6 y N10	2x87.65	2x3.15	2x0.48
Referencia: N39	53.13	1.66	0.26
Referencias: N42 y N45	2x61.69	2x2.11	2x0.32
Referencia: N17	61.69	2.11	0.32
Referencia: N14	41.84	1.27	0.20
Referencia: N36	4.00	0.25	0.05
Referencias: N20 y N48	2x4.00	2x0.20	2x0.05
Referencia: N22	4.00	0.20	0.05
Totales	576.37	20.13	3.17

3.1.3.- Comprobación

Referencia: N1
Dimensiones: 240 x 240 x 65
Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19

Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.14715 MPa Calculado: 0.0288414 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0182466 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0577809 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 138565.9 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 8.0 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 5.04 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 77.48 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 4.32 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 93.98 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 23.2 kN/m²	Cumple

Referencia: N1 Dimensiones: 240 x 240 x 65 Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 25 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N1:	Mínimo: 54 cm Calculado: 58 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08*	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08*	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0004	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 45 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 45 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 40 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 40 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 45 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 45 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 40 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 40 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N6 Dimensiones: 220 x 220 x 65 Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.14715 MPa Calculado: 0.0275661 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0182466 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0557208 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 11153.3 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 10.2 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 3.66 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 55.81 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 3.04 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 75.54 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 16.9 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 25 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N6:	Mínimo: 54 cm Calculado: 58 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08*	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08*	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple

Referencia: N6 Dimensiones: 220 x 220 x 65 Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 35 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 35 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 35 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 35 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 30 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N10 Dimensiones: 220 x 220 x 65 Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.14715 MPa Calculado: 0.0276642 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0181485 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0553284 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 178282.1 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 11.1 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 3.64 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 55.98 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		

Referencia: N10 Dimensiones: 220 x 220 x 65 Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección X:	Cortante: 3.04 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 76.62 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	 Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 18.7 kN/m²	 Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 25 cm Calculado: 65 cm	 Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N10:	Mínimo: 54 cm Calculado: 58 cm	 Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08*	 Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08*	 Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)*	 Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08*	 Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	 Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	 Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 35 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 35 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 35 cm	Cumple

Referencia: N10
Dimensiones: 220 x 220 x 65
Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19

Comprobación	Valores	Estado
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 35 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 30 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N39
Dimensiones: 160 x 160 x 65
Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19

Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.14715 MPa Calculado: 0.0322749 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0232497 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0646479 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata:		
- En dirección X [1]		No procede
- En dirección Y: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*	Reserva seguridad: 20.3 %	Cumple
[1] *Sin momento de vuelco*		
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 4.26 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 23.74 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 1.47 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 6.47 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 32.9 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 25 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N39:	Mínimo: 54 cm Calculado: 58 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08*	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08*	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple

Referencia: N39 Dimensiones: 160 x 160 x 65 Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 17 cm Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 17 cm Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 17 cm Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 17 cm Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 12 cm	Cumple

Referencia: N39 Dimensiones: 160 x 160 x 65 Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N42 Dimensiones: 180 x 180 x 65 Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.14715 MPa Calculado: 0.0386514 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0219744 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0773028 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 605962.2 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 0.6 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 5.03 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 43.08 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 3.04 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 67.69 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 34 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 25 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N42:	Mínimo: 54 cm Calculado: 58 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08*	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08*	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	Cumple

Referencia: N42 Dimensiones: 180 x 180 x 65 Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N45 Dimensiones: 180 x 180 x 65 Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.14715 MPa Calculado: 0.0280566 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0216801 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0562113 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata:		
- En dirección X [(1)]		No procede
- En dirección Y: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* [(1)] *Sin momento de vuelco*	Reserva seguridad: 29.0 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 4.86 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 28.68 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 2.94 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 22.37 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 32.7 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 25 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N45:	Mínimo: 54 cm Calculado: 58 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08*	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08*	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple

Referencia: N45 Dimensiones: 180 x 180 x 65 Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N17 Dimensiones: 180 x 180 x 65 Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.14715 MPa Calculado: 0.0269775 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0192276 MPa	Cumple

Referencia: N17 Dimensiones: 180 x 180 x 65 Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0540531 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: - En dirección X [1] - En dirección Y: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* [1] *Sin momento de vuelco*	 Reserva seguridad: 18.7 %	 No procede Cumple
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	 Momento: 2.73 kN·m Momento: 28.27 kN·m	 Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	 Cortante: 1.67 kN Cortante: 27.57 kN	 Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	 Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 18.3 kN/m²	 Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 25 cm Calculado: 65 cm	 Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N17:	Mínimo: 54 cm Calculado: 58 cm	 Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08* - Armado inferior dirección X: - Armado superior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y:	 Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009	 Cumple Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08* - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y:	 Calculado: 0.001 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0002 Mínimo: 0.0001	 Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)* - Parrilla inferior: - Parrilla superior:	 Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm Calculado: 12 mm	 Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08* - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	 Máximo: 30 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm	 Cumple Cumple Cumple Cumple

Referencia: N17 Dimensiones: 180 x 180 x 65 Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 12 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 12 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N14 Dimensiones: 140 x 140 x 65 Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.14715 MPa Calculado: 0.0370818 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0212877 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0741636 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata:		

Referencia: N14 Dimensiones: 140 x 140 x 65 Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección X [(1)] - En dirección Y: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* [(1)] *Sin momento de vuelco*	Reserva seguridad: 1.4 %	No procede Cumple
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 2.13 kN·m Momento: 18.11 kN·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Cortante: 0.00 kN Cortante: 0.00 kN	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 18.5 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 25 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N14:	Mínimo: 54 cm Calculado: 58 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08* - Armado inferior dirección X: - Armado superior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009 Calculado: 0.0009	 Cumple Cumple Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08* - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.001 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0002 Mínimo: 0.0001	 Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)* - Parrilla inferior: - Parrilla superior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm Calculado: 12 mm	 Cumple Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08* - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm	 Cumple Cumple Cumple Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16* - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 19 cm Calculado: 19 cm	 Cumple Cumple

Referencia: N14 Dimensiones: 140 x 140 x 65 Armados: Xi:Ø12c/19 Yi:Ø12c/19 Xs:Ø12c/19 Ys:Ø12c/19		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección X:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 19 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N36 Dimensiones: 55 x 90 x 50 Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.14715 MPa Calculado: 0.0231516 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0231516 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0241326 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata:		
- En dirección X [1]		No procede
- En dirección Y: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*	Reserva seguridad: 4138.2 %	Cumple
[1] *Sin momento de vuelco*		
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 0.00 kN·m	Cumple

Referencia: N36 Dimensiones: 55 x 90 x 50 Armados: Xi:Ø12c/25 Yi:Ø12c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección Y:	Momento: 0.00 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	 Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 19 kN/m²	 Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	 Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N36:	Mínimo: 30 cm Calculado: 43 cm	 Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08*	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: - Parrilla inferior: *Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)*	 Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	 Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	 Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	 Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N20 Dimensiones: 55 x 90 x 40 Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.14715 MPa Calculado: 0.0123606 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0123606 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0174618 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata:		
- En dirección X [(1)]		No procede
- En dirección Y: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.* [(1)] *Sin momento de vuelco*	Reserva seguridad: 345.1 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 0.00 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 0.00 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 5.9 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N20:	Mínimo: 30 cm Calculado: 33 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08*	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: - Parrilla inferior: *Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)*	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Mínimo: 15 cm	

Referencia: N20 Dimensiones: 55 x 90 x 40 Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N22 Dimensiones: 55 x 90 x 40 Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.14715 MPa Calculado: 0.0170694 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0170694 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0189333 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata:		
- En dirección X [1]		No procede
- En dirección Y: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*	Reserva seguridad: 1592.3 %	Cumple
[1] *Sin momento de vuelco*		
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 0.00 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 0.00 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 16.1 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N22:	Mínimo: 30 cm Calculado: 33 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08*	Mínimo: 0.0009	

Referencia: N22 Dimensiones: 55 x 90 x 40 Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: - Parrilla inferior: *Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)*	 Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	 Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: N48 Dimensiones: 55 x 90 x 40 Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.14715 MPa Calculado: 0.0108891 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0108891 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.183938 MPa Calculado: 0.0139302 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata:		
- En dirección X [1]		No procede
- En dirección Y: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*	Reserva seguridad: 554.7 %	Cumple

Referencia: N48 Dimensiones: 55 x 90 x 40 Armados: Xi:Ø12c/30 Yi:Ø12c/30		
Comprobación	Valores	Estado
(1) *Sin momento de vuelco*		
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 0.00 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 0.00 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	 Máximo: 5000 kN/m² Calculado: 2.3 kN/m²	 Cumple
Canto mínimo: *Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm	 Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N48:	Mínimo: 30 cm Calculado: 33 cm	 Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08*	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: - Parrilla inferior: *Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)*	 Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	 Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 30 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 30 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

3.2.- Vigas

3.2.1.- Descripción

Referencias	Geometría	Armado
C [N10-N14]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ6c/25
C.1 [N6-N17]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30
C.1 [N10-N1], C.1 [N6-N1], C.1 [N45-N42] y C.1 [N42-N39]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30
C [N22-N17]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ6c/25
C [N48-N45]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ6c/25
VC.T-1 [N39-N36]	Ancho: 40.0 cm Canto: 50.0 cm	Superior: 4Ø16 Inferior: 3Ø12 Piel: 1x2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30
C [N20-N14]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ6c/25

3.2.2.- Medición

Referencia: C [N10-N14]		B 500 S, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø6	Ø12	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m) Peso (kg)		2x3.53 2x3.13	7.06 6.27
Armado viga - Armado superior	Longitud (m) Peso (kg)		2x3.53 2x3.13	7.06 6.27
Armado viga - Estribo	Longitud (m) Peso (kg)	7x1.30 7x0.29		9.10 2.02
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	9.10 2.02	14.12 12.54	 14.56
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	10.01 2.22	15.53 13.80	 16.02

Referencia: C.1 [N6-N17]		B 500 S, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø8	Ø12	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m) Peso (kg)		2x3.53 2x3.13	7.06 6.27
Armado viga - Armado superior	Longitud (m) Peso (kg)		2x3.53 2x3.13	7.06 6.27
Armado viga - Estribo	Longitud (m) Peso (kg)	6x1.33 6x0.52		7.98 3.15

Referencia: C.1 [N6-N17]		B 500 S, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø8	Ø12	
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	7.98 3.15	14.12 12.54	 15.69
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	8.78 3.47	15.53 13.79	 17.26

Referencias: C.1 [N10-N1], C.1 [N6-N1], C.1 [N45-N42] y C.1 [N42-N39]		B 500 S, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø8	Ø12	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m) Peso (kg)		2x3.79 2x3.36	7.58 6.73
Armado viga - Armado superior	Longitud (m) Peso (kg)		2x3.79 2x3.36	7.58 6.73
Armado viga - Estribo	Longitud (m) Peso (kg)	5x1.33 5x0.52		6.65 2.62
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	6.65 2.62	15.16 13.46	 16.08
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	7.32 2.88	16.68 14.81	 17.69

Referencia: C [N22-N17]		B 500 S, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø6	Ø12	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m) Peso (kg)		2x1.99 2x1.77	3.98 3.53
Armado viga - Armado superior	Longitud (m) Peso (kg)		2x1.99 2x1.77	3.98 3.53
Armado viga - Estribo	Longitud (m) Peso (kg)	4x1.30 4x0.29		5.20 1.15
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	5.20 1.15	7.96 7.06	 8.21
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	5.72 1.26	8.76 7.77	 9.03

Referencia: C [N48-N45]		B 500 S, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø6	Ø12	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m) Peso (kg)		2x3.44 2x3.05	6.88 6.11
Armado viga - Armado superior	Longitud (m) Peso (kg)		2x3.44 2x3.05	6.88 6.11
Armado viga - Estribo	Longitud (m) Peso (kg)	9x1.30 9x0.29		11.70 2.60
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	11.70 2.60	13.76 12.22	 14.82
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	12.87 2.86	15.14 13.44	 16.30

Referencia: VC.T-1 [N39-N36]		B 500 S, Ys=1.15			Total
Nombre de armado		Ø8	Ø12	Ø16	
Armado viga - Armado de piel	Longitud (m) Peso (kg)		2x3.22 2x2.86		6.44 5.72

Referencia: VC.T-1 [N39-N36]		B 500 S, Ys=1.15			Total
Nombre de armado		Ø8	Ø12	Ø16	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m) Peso (kg)		3x3.22 3x2.86		9.66 8.58
Armado viga - Armado superior	Longitud (m) Peso (kg)			4x3.30 4x5.21	13.20 20.83
Armado viga - Estribo	Longitud (m) Peso (kg)	8x1.53 8x0.60			12.24 4.83
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	12.24 4.83	16.10 14.30	13.20 20.83	 39.96
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	13.46 5.31	17.71 15.73	14.52 22.92	 43.96

Referencia: C [N20-N14]		B 500 S, Ys=1.15		Total
Nombre de armado		Ø6	Ø12	
Armado viga - Armado inferior	Longitud (m) Peso (kg)		2x2.20 2x1.95	4.40 3.91
Armado viga - Armado superior	Longitud (m) Peso (kg)		2x2.20 2x1.95	4.40 3.91
Armado viga - Estribo	Longitud (m) Peso (kg)	4x1.30 4x0.29		5.20 1.15
Totales	Longitud (m) Peso (kg)	5.20 1.15	8.80 7.82	 8.97
Total con mermas (10.00%)	Longitud (m) Peso (kg)	5.72 1.26	9.68 8.61	 9.87

Resumen de medición (se incluyen mermas de acero)

	B 500 S, Ys=1.15 (kg)					Hormigón (m³)	
Elemento	Ø6	Ø8	Ø12	Ø16	Total	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencia: C [N10-N14]	2.23		13.79		16.02	0.23	0.06
Referencia: C.1 [N6-N17]		3.47	13.79		17.26	0.20	0.05
Referencias: C.1 [N10-N1], C.1 [N6-N1], C.1 [N45-N42] y C.1 [N42-N39]		4x2.88	4x14.81		70.76	4x0.19	4x0.05
Referencia: C [N22-N17]	1.26		7.77		9.03	0.08	0.02
Referencia: C [N48-N45]	2.86		13.44		16.30	0.28	0.07
Referencia: VC.T-1 [N39-N36]		5.32	15.73	22.91	43.96	0.37	0.07
Referencia: C [N20-N14]	1.27		8.60		9.87	0.12	0.03
Totales	7.62	20.31	132.36	22.91	183.20	2.04	0.49

3.2.3.- Comprobación

Referencia: C [N10-N14] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ6c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 6 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 24.4 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26.4 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26.4 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26.4 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26.4 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: C.1 [N6-N17] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: C.1 [N10-N1] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: C.1 [N6-N1] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: C.1 [N45-N42] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: C.1 [N42-N39] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: C [N22-N17] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ6c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 6 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 24.4 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26.4 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26.4 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26.4 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26.4 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: C [N48-N45] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ6c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 6 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 24.4 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26.4 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26.4 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26.4 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26.4 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: VC.T-1 [N39-N36] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 50.0 cm -Armadura superior: 4Ø16 -Armadura de piel: 1x2Ø12 -Armadura inferior: 3Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 7.3 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 12.4 cm	Cumple
- Armadura de piel:	Calculado: 17.2 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 7.3 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 12.4 cm	Cumple
- Armadura de piel:	Calculado: 17.2 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Referencia: C [N20-N14] (Viga centradora) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ6c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 6 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 24.4 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08*	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26.4 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26.4 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26.4 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26.4 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		