



ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA
INDUSTRIAL DE BILBAO



GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2014 / 2015

*PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL
DESTINADA A LA FABRICACIÓN DE PUERTAS*

3-ANEXOS

DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO	DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA
NOMBRE: PABLO	NOMBRE: IRANTZU
APELLIDOS: PEÑA DE LA FRAGUA	APELLIDOS: URIARTE GALLASTEGUI
	DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA
FDO.:	FDO.:
FECHA:12/06/2015	FECHA:12/06/2015

ÍNDICE

ANEXO A

3.1 CERRAMIENTOS DE LA ESTRUCTURA.....	2
3.2 CORREAS.....	13
3.3 PUENTE GRÚA.....	44
3.4 DIMENSIONAMIENTO DE PÓRTICOS.....	51
3.5 EVACUACIÓN DE AGUAS.....	53

ANEXO B → Comprobación de Estados Límite de Todas las Barras

3.1. PÓRTICOS CENTRALES.....	2
3.1.1. Pilar Nave.....	2
3.1.2. Pilar Tejavana.....	45
3.1.3. Dintel Nave.....	57
3.1.4. Dintel Tejavana.....	75
3.1.5. Ménsula.....	85
3.2. PÓRTICOS HASTIALES.....	93
3.2.1. Pilar Nave.....	93
3.2.2. Pilar Tejavana.....	220
3.2.3. Dintel Nave.....	242
3.2.4. Dintel Tejavana.....	284
3.3. PILARILLOS.....	306
3.3.1. Pilar Nave.....	306
3.3.2. Pilar Tejavana.....	324
3.4. ESTRUCTURA SECUNDARIA.....	334
3.5. ARRIOSTRAMIENTOS.....	359

ANEXO C → Planos y Cálculos de Todos los Nudos de la Estructura

3.1. NUDOS BASE-PILAR.....	3
3.2. NUDOS 1ºMONTANTE.....	32

3.3. NUDOS 2ºMONTANTE Y MÉNSULA.....	38
3.4. NUDOS PILAR-DINTEL.....	54
3.5. NUDOS CUMBRE.....	81

ANEXO D → Cálculos de Armado de Todas las Zapatas y Viga de Atado de la Estructura

VIGAS DE ATADO.....	3
Zapata 1A.....	4
Zapata 2A-6A.....	6
Zapata 3A-4A-5A.....	8
Zapata 7A.....	10
Zapata 1B-1C-7B-7C.....	12
Zapata 1D.....	14
Zapata 2D-6D.....	16
Zapata 3D-4D-5D.....	18
Zapata 7D.....	20
Zapata 1E-7E.....	22
Zapata 1F.....	24
Zapata 2F-6F.....	26
Zapata 3F-4F-5F.....	28
Zapata 7F.....	30

ANEXO E → Momentos y Deformaciones Máximas



ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA
INDUSTRIAL DE BILBAO



GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2014 / 2015

*PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN DE UNA NAVE
INDUSTRIAL DESTINADA A LA FABRICACIÓN DE PUERTAS*

**ANEXO A: CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE
CERRAMIENTOS, CORREAS, PÓRTICOS Y VIGA Y PUENTE
GRÚA**

DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO

NOMBRE: PABLO

APELLIDOS: PEÑA DE LA FRAGUA

DNI: 78944574-H

FDO.:

FECHA: 12/06/2015

DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA

NOMBRE: IRANTZU

APELLIDOS: URIARTE GALLASTEGUI

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA

FDO.:

FECHA: 12/06/2015

ÍNDICE

3.1. CERRAMIENTOS DE LA ESTRUCTURA.....	2
3.1.1. Tipo de cubierta.....	2
3.1.2. Peso Propio.....	2
3.1.3. Sobrecarga de Uso.....	2
3.1.4. Sobrecarga de Nieve.....	3
3.1.5. Viento.....	3
3.1.6. Combinaciones.....	10
3.1.7. Panel de Cubierta.....	11
3.1.8. Panel Lateral.....	12
3.2. CORREAS.....	13
3.2.1. CORREAS DE CUBIERTA Y LATERALES.....	13
3.2.1.1. Comprobación de Resistencia para Correas de Cubierta.....	13
3.2.1.2. Comprobación de Flecha para Correas de Cubierta.....	17
3.2.1.3. Comprobación de Resistencia para Correas Laterales.....	17
3.2.1.4. Comprobación de Flecha para Correas Laterales.....	22
3.2.2. CORREAS HASTIALES.....	22
3.2.2.1. Información.....	22
3.2.2.2. Acciones sobre Correas.....	23
3.2.2.2.1. Peso Propio.....	23
3.2.2.2.2. Sobrecarga de Uso.....	24
3.2.2.2.3. Sobrecarga de Nieve.....	24
3.2.2.2.4. Viento.....	24
3.2.2.3. Combinaciones en Perpendicular.....	32
3.2.2.4. Combinaciones en Paralelo.....	32
3.2.2.5. Combinaciones Peligrosas.....	33
3.2.2.6. Cambio de Perfil.....	42

3.3. PUENTE GRÚA.....	44
3.3.1. Características.....	44
3.3.2. Cálculo viga carril.....	44
3.4. DIMENSIONAMIENTO DE PÓRTICOS.....	51
3.4.1. Datos de Obra.....	51
3.4.2. Normas y Combinaciones.....	51
3.4.3. Datos de Viento.....	51
3.4.4. Datos de Nieve.....	52
3.4.5. Aceros en Perfiles.....	52
3.5. EVACUACIÓN DE AGUAS.....	53
3.5.1. Instalación de Saneamiento.....	53
3.5.2. Materiales.....	53
3.5.3. Red de Saneamiento y Pequeña Evacuación.....	53
3.5.4. Desagües de Baños y Aseos.....	55
3.5.5. Red Horizontal de Saneamiento.....	55
3.5.6. Instalación de Fontanería.....	56
3.5.7. Instalación Interior.....	57

3.1. CERRAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

3.1.1. Tipo de cubierta.

Se dimensiona para un panel nervado de “ACELORMITAL” con un espesor nominal de 50mm:

3.1.2. Peso propio.

$$\text{Peso: } 13 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot \frac{9,81\text{N}}{\text{kg}} = 127,53 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \frac{\text{kN}}{1000\text{N}} = 0,12753 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{G//} = 0,12753 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot \text{sen}14,25^\circ = 0,0312 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{G\perp} = 0,12753 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot \text{cos}14,25^\circ = 0,1236 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

3.1.3. Sobrecarga de uso.

Documento Básico SE-AE (Pág. 5):

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

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

(7): Esta sobrecarga de uso no se considera concomitante con el resto de acciones variables.

$$Q'_{SU} \cdot L = Q_{SU} \cdot L \cdot \cos\alpha \rightarrow Q'_{SU} = Q_{SU} \cdot \cos\alpha = 0,4 \cdot \cos 14,25^\circ = 0,387 \frac{kN}{m^2}$$

$$Q'_{SU//} = 0,387 \frac{kN}{m^2} \cdot \sen 14,25^\circ = 0,0954 \frac{kN}{m^2}$$

$$Q'_{SU\perp} = 0,387 \frac{kN}{m^2} \cdot \cos 14,25^\circ = 0,375 \frac{kN}{m^2}$$

3.1.4. Sobrecarga de nieve.

Documento Básico SE-AE (Pág. 11):

Cubierta $\rightarrow \alpha < 30^\circ \rightarrow \mu = 1$

$$Q'_N = Q_N \cdot \cos 14,25^\circ = 1,1 \frac{kN}{m^2} \cdot \cos 14,25^\circ = 1,045 \frac{kN}{m^2}$$

$$Q'_{N//} = 1,045 \frac{kN}{m^2} \cdot \sen 14,25^\circ = 0,257 \frac{kN}{m^2}$$

$$Q'_{N\perp} = 1,045 \frac{kN}{m^2} \cdot \cos 14,25^\circ = 1,013 \frac{kN}{m^2}$$

3.1.5. Viento.

La acción del viento es perpendicular a la cubierta, por lo que sólo tiene una componente que se calcula directamente mediante:

$$Q_e = C_e \cdot C_p \cdot Q_b$$

Siendo:

Q_b : Presión dinámica del viento.

C_e : Coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción.

C_p : Coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión.

Altura de la cubierta $\rightarrow h=8\text{m}$

Altura del cerramiento lateral $\rightarrow h=5\text{m}$

Interpolación:

$$C_e = 2,2$$

$$C_e = 1,86$$

Se empleara el más elevado: $C_e = 2,2$

Documento Básico SE-AE (Pág. 23):



$$Q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_D^2 \rightarrow Q_b = 0,455 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Al tratarse de una nave completamente con huecos, habrá tanto presión exterior como interior, donde habrá que distinguir entre longitudinal y transversal.

Situaciones posibles CUBIERTA:

- Presión exterior
 - Longitudinal
 - Transversal
- Presión interior
 - Longitudinal
 - Frente
 - Atrás
 - Transversal
 - Izquierdo
 - Derecho

A. PRESIÓN EXTERIOR**a. Longitudinal (Marquesina)→FRENTE**

$$Q_{VA} = 2,2 \cdot 0,455 \cdot (-1,675) = -1,676 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{VB} = 2,2 \cdot 0,455 \cdot (-2,855) = -2,857 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{VC} = 2,2 \cdot 0,455 \cdot (-2,955) = -2,957 \text{ kN/m}^2$$

b. Longitudinal (Cubierta) →ATRÁS

$$Q_{V_{Finf}} = 2,2 \cdot 0,455 \cdot (-1,63) = -1,63 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{V_{Fsup}} = 2,2 \cdot 0,455 \cdot (-2,37) = -2,37 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{VG} = 2,2 \cdot 0,455 \cdot (-1,89) = -1,89 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{VH} = 2,2 \cdot 0,455 \cdot (-0,78) = -0,78 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{VI} = 2,2 \cdot 0,455 \cdot (-0,68) = -0,68 \text{ kN/m}^2$$

c. Transversal (Cubierta)**Succión**

$$Q_{V_F} = 2,2 \cdot 0,455 \cdot (-0,96) = -0,96 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{V_G} = 2,2 \cdot 0,455 \cdot (-0,83) = -0,83 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{V_H} = 2,2 \cdot 0,455 \cdot (-0,32) = -0,32 \text{ kN/m}^2$$

Presión

$$Q_{V_F} = Q_{V_G} = Q_{V_H} = 2,2 \cdot 0,455 \cdot (0,185) = 0,185 \text{ kN/m}^2$$

B. PRESIÓN INTERIOR**a. Longitudinal (Marquesina) → FRENTE**

$$Q_{i_{FRENTE}} = 1,6 \cdot 0,455 \cdot (0,7) = 0,509 \text{ kN/m}^2$$

b. Longitudinal (Cubierta) → ATRÁS

$$Q_{i_{ATRÁS}} = 1,6 \cdot 0,455 \cdot (-0,5) = -0,364 \text{ kN/m}^2$$

c. Transversal (Cubierta) → DERECHA

$$Q_{i_{DERCHA}} = 0,509 \text{ kN/m}^2$$

d. Transversal (Cubierta) → IZQUIERDA

$$Q_{i_{IZQ}} = 0,509 \text{ kN/m}^2$$

Viento cubierta:**Longitudinal (succión exterior + presión interior)****Frente:**

$$Q_{VA} = -1,676 - 0,509 = -2,185 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{VB} = -2,857 - 0,509 = -3,366 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{VC} = -2,957 - 0,509 = -3,466 \text{ kN/m}^2$$

Atrás:

$$Q_{V_{Finf}} = -1,63 + 0,364 = -1,266 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{V_{Fsup}} = -2,37 + 0,364 = -2,006 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{VG} = -1,89 + 0,364 = -1,526 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{VH} = -0,78 + 0,364 = -0,416 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{VI} = -0,68 + 0,364 = -0,364 \text{ kN/m}^2$$

Transversal (vientos interiores iguales)

Succión exterior + Presión interior:

$$Q_{VF} = -0,96 - 0,509 = -1,469 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{VG} = -0,83 - 0,509 = -1,339 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{VH} = -0,32 - 0,509 = -0,829 \text{ kN/m}^2$$

Presión exterior + Presión interior:

$$Q_{VF} = 0,185 - 0,509 = -0,324 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{VG} = 0,185 - 0,509 = -0,324 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{VH} = 0,185 - 0,509 = -0,324 \text{ kN/m}^2$$

Situaciones posibles LATERALES:

- Presión exterior
 - Longitudinal
 - Transversal

a. Transversal:

$$Q_{VA} = 2,2 \cdot 0,455 \cdot (-1,22) = -1,22 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{VB} = 2,2 \cdot 0,455 \cdot (-0,82) = -0,82 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{VD} = 2,2 \cdot 0,455 \cdot (0,76) = 0,76 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{Ve} = 2,2 \cdot 0,455 \cdot (-0,41) = -0,41 \text{ kN/m}^2$$

b. Longitudinal:

$$Q_{VA} = 2,2 \cdot 0,455 \cdot (-1,3) = -1,3 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{VB} = 2,2 \cdot 0,455 \cdot (-0,93) = -0,93 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{VC} = 2,2 \cdot 0,455 \cdot (-0,5) = -0,5 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{VD} = 2,2 \cdot 0,455 \cdot (0,76) = 0,76 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{Ve} = 2,2 \cdot 0,455 \cdot (-0,3) = -0,3 \text{ kN/m}^2$$

Viento laterales:

Longitudinal

Frente:

$$Q_{VA} = -13 - 0,509 = -1,809 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{VB} = -0,93 - 0,509 = -1,439 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{V_C} = -0,5 - 0,509 = -1,009 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{V_D} = 0,76 - 0,509 = -0,251 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{V_E} = -0,3 - 0,509 = -0,809 \text{ kN/m}^2$$

Atrás:

$$Q_{V_A} = -1,3 + 0,364 = -0,936 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{V_B} = -0,93 + 0,364 = -0,566 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{V_C} = -0,5 + 0,364 = -0,136 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{V_D} = 0,76 + 0,364 = 1,124 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{V_E} = -0,3 + 0,364 = -0,064 \text{ kN/m}^2$$

Transversal izquierda

$$Q_{V_A} = -1,22 - 0,509 = -1,729 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{V_B} = -0,82 - 0,509 = -1,329 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{V_D} = 0,76 - 0,509 = 0,251 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{V_e} = -0,41 - 0,509 = -0,919 \text{ kN/m}^2$$

3.1.6. Combinaciones de la cubierta.

$$\gamma_G \cdot Q_G$$

$$\gamma_G \cdot Q_G + \gamma_{SU} \cdot Q_{SU}$$

$$\gamma_G \cdot Q_G + \gamma_N \cdot Q_N$$

$$\gamma_G \cdot Q_G + \gamma_V \cdot Q_{Vp}$$

$$\gamma_G \cdot Q_G + \gamma_V \cdot Q_{Vs}$$

$$\gamma_G \cdot Q_G + \gamma_N \cdot Q_N + \Psi_0 \cdot \gamma_V \cdot Q_{Vp}$$

$$\gamma_G \cdot Q_G + \gamma_N \cdot Q_N + \Psi_0 \cdot \gamma_V \cdot Q_{Vs}$$

$$\gamma_G \cdot Q_G + \gamma_V \cdot Q_{Vp} + \Psi_0 \cdot \gamma_N \cdot Q_N$$

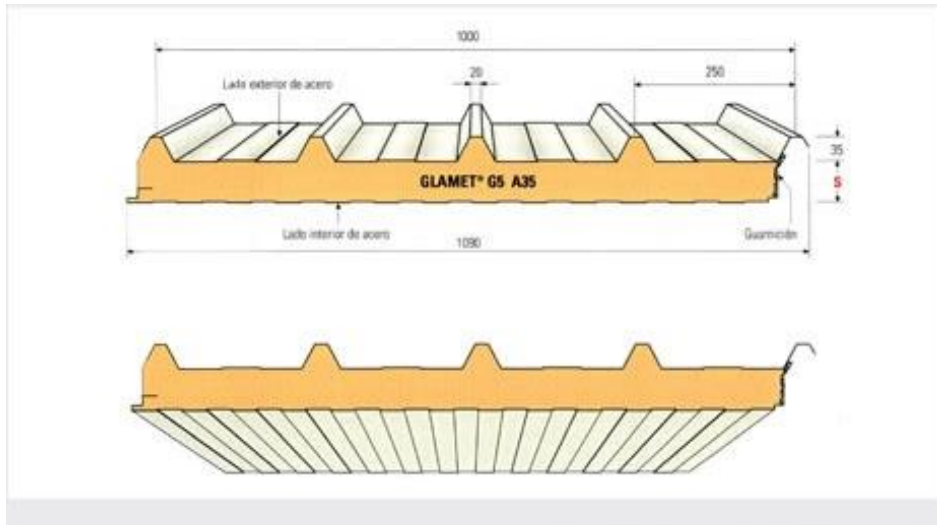
$$\gamma_G \cdot Q_G + \gamma_V \cdot Q_{Vs} + \Psi_0 \cdot \gamma_N \cdot Q_N$$

Nota: La sobrecarga de uso no se considera concomitante con el resto de acciones variables.

Por lo tanto, la combinación más peligrosa será:

$$\gamma_G \cdot Q_G + \gamma_V \cdot Q_{Vs} = 4,77 \text{ kN/m}^2$$

3.1.7. PANEL DE CUBIERTA → GLAMET G5 → Espesor 50mm



S	k		Panel Weight Peso panel Poids panneau kg/m ²	P										D						
	Kcal m ² h °C	Watt m ² °C		p = (daN/m ²)																
mm			0,40 + 0,40	60	80	100	120	150	200	250	300	60	80	100	120	150	200	250	300	
30	0.47	0.54	8.57	L:	4.20	3.65	3.25	2.95	2.60	2.25	2.00	1.85	3.75	3.25	2.80	2.55	2.30	2.00	1.80	1.60
40	0.37	0.43	8.95	L:	4.45	3.90	3.45	3.15	2.80	2.45	2.15	2.00	4.00	3.45	3.10	2.80	2.55	2.15	1.95	1.75
50	0.31	0.36	9.33	L:	4.70	4.05	3.65	3.30	3.00	2.55	2.30	2.15	4.25	3.65	3.25	3.00	2.65	2.30	2.05	1.85
60	0.26	0.32	9.71	L:	5.00	4.30	3.85	3.55	3.15	2.70	2.45	2.30	4.45	3.80	3.45	3.15	2.80	2.45	2.15	1.95
80	0.21	0.24	10.47	L:	5.50	4.70	4.25	3.85	3.55	3.00	2.70	2.50	4.90	4.20	3.90	3.55	3.05	2.70	2.45	2.15
100	0.17	0.19	11.23	L:	6.10	5.25	4.70	4.25	3.85	3.30	3.00	2.80	5.35	4.65	4.25	3.85	3.40	3.00	2.60	2.35

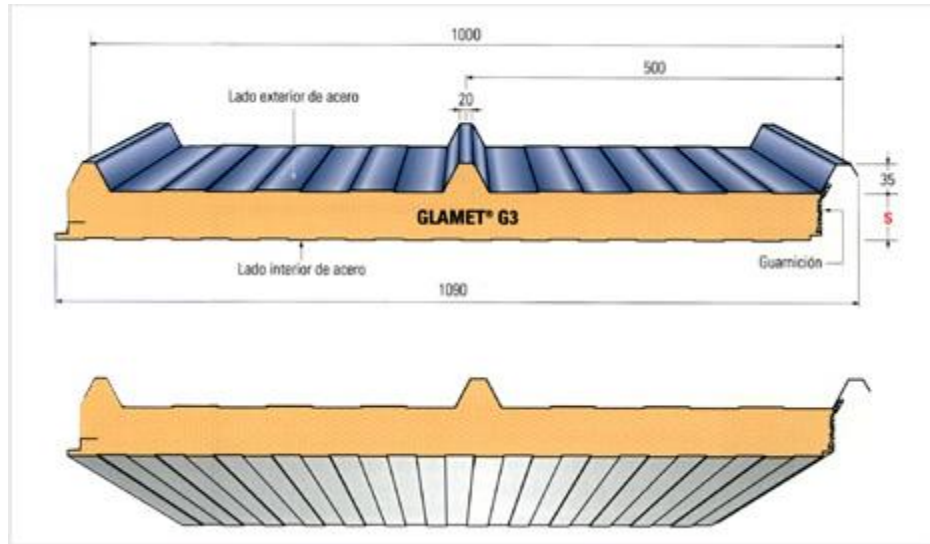
$$\text{Peso: } 9,33 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot \frac{9,81\text{N}}{\text{kg}} = 91,527 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \frac{\text{kN}}{1000\text{N}} = 0,0915 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{G//} = 0,0915 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot \text{sen}14,25^\circ = 0,0225 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{G\perp} = 0,0915 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot \text{cos}14,25^\circ = 0,0887 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Recalculamos con el peso propio del nuevo panel seleccionado y nos cumple.

3.1.8. PANEL LATERAL → GLAMET G3 → Espesor 30mm



S	k		Panel Weight Peso panel Poids panneau kg/m ²																	
	mm	Kcal m ² h °C		Watt m ² °C	0,45 + 0,40	p= (daN/m ²)	60	80	100	120	150	200	250	300	60	80	100	120	150	200
30	0.51	0.59	8.71	L:	3.65	3.15	2.80	2.55	2.25	1.95	1.75	1.55	3.25	2.80	2.50	2.25	2.00	1.75	1.55	1.40
40	0.40	0.46	9.09	L:	3.85	3.40	3.00	2.75	2.45	2.10	1.90	1.75	3.50	3.05	2.70	2.45	2.20	1.90	1.65	1.50
50	0.33	0.38	9.47	L:	4.10	3.65	3.15	2.90	2.60	2.25	2.00	1.85	3.70	3.20	2.85	2.60	2.35	2.00	1.75	1.60
60	0.28	0.33	9.85	L:	4.35	3.75	3.40	3.10	2.75	2.40	2.10	2.00	3.85	3.35	3.00	2.75	2.45	2.10	1.85	1.70
80	0.22	0.25	10.61	L:	4.80	4.10	3.70	3.40	3.10	2.75	2.40	2.15	4.25	3.70	3.30	3.00	2.70	2.35	2.10	1.90

$$\text{Peso: } 8,71 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \cdot \frac{9,81\text{N}}{\text{kg}} = 85,445 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot \frac{\text{kN}}{1000\text{N}} = 0,0854 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{G//} = 0,0854 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot \text{sen}14,25^\circ = 0,021 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Q_{G\perp} = 0,0854 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot \text{cos}14,25^\circ = 0,0828 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Recalculamos con el peso propio del nuevo panel seleccionado y nos cumple

3.2. CORREAS

3.2.1. CORREAS DE CUBIERTA Y LATERALES

Se obtienen a partir del software Cype una vez implementados los datos requeridos.

3.2.1.1. Comprobación de resistencia para correas de CUBIERTA.

Comprobación de resistencia	
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.	
Aprovechamiento: 60.66 %	
Barra pésima en cubierta	

Perfil: IPE 140 Material: S275							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	1.115, 20.000, 5.233	1.115, 15.000, 5.233	5.000	16.40	541.20	44.92	2.45
	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	0.00	1.00	0.00	0.00			
L _K	0.000	5.000	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							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
pésima en cubierta	N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0 m η = 60.7	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	x: 0 m η = 16.9	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	x: 0 m η < 0.1	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPLE η = 60.7
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción. (2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. (3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (5) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (6) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (7) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (8) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (9) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (10) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

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

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

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:

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

$$26.85 \leq 248.60 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

t_w : Espesor del alma.

A_w : Área del alma.

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

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

E : Módulo de elasticidad.

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

Siendo:

$$h_w : \frac{126.20}{1} \text{ mm}$$

$$t_w : \frac{4.70}{1} \text{ mm}$$

$$A_w : \frac{5.93}{1} \text{ cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \frac{5.04}{1} \text{ cm}^2$$

$$k : \frac{0.30}{1}$$

$$E : \frac{2140673}{1} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : \frac{2803.26}{1} \text{ kp/cm}^2$$

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)

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:

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

$$\eta : \underline{0.607} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 1.115, 20.000, 5.233, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G1 + 1.35 \cdot G2 + 1.50 \cdot N(R) 2 + 0.90 \cdot V(0^\circ) H4$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.431} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{2.358} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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} :** 88.34 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{Mo} :** 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 : 0.169 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 1.115, 20.000, 5.233, para la combinación de acciones 1.35*G1 + 1.35*G2 + 1.50*N(R) 2 + 0.90*V(0°) H4.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed} :** 1.717 t

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

V_{c,Rd} : 10.142 t

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v :** 6.58 cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h :** 140.00 mm

t_w: Espesor del alma. **t_w :** 4.70 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 2803.26 kp/cm²

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

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{26.85 < 64.71}$$

Donde:

$$\lambda_w: \text{Esbeltez del alma.} \quad \lambda_w : \underline{26.85}$$

$$\lambda_{\text{máx}}: \text{Esbeltez máxima.} \quad \lambda_{\text{máx}} : \underline{64.71}$$

$$\varepsilon: \text{Factor de reducción.} \quad \varepsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$$f_{\text{ref}}: \text{Límite elástico de referencia.} \quad f_{\text{ref}} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{1.717 \leq 5.071}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo 1.115, 20.000, 5.233, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G1 + 1.35 \cdot G2 + 1.50 \cdot N(R) 2 + 0.90 \cdot V(0^\circ) H4$.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{1.717} \text{ t}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{10.142} \text{ t}$$

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)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

3.2.1.2. Comprobación de flecha para correas de CUBIERTA

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 99.53 %

Coordenadas del nudo inicial: 1.115, 20.000, 5.233

Coordenadas del nudo final: 1.115, 15.000, 5.233

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot N(R) 2 + 1.00 \cdot V(0^\circ) H4$ a una distancia 2.500 m del origen en el tercer vano de la correa. ($I_y = 541 \text{ cm}^4$) ($I_z = 45 \text{ cm}^4$)

Las correas a utilizar estarán formadas por perfiles IPE-140 de acero S275 y separadas una longitud de 2,3 metros.

3.2.1.3. Comprobación de resistencia para correas LATERALES.

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Aprovechamiento: 58.24 % Barra pésima en lateral

Perfil: IPE 140
Material: S275

Perfil: IPE 140 Material: S275		Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final	Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)		I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)		
32.000, 25.000, 1.450	32.000, 30.000, 1.450	5.000	16.40	541.20	44.92	2.45		
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	0.00	1.00	0.00	0.00			
	L _k	0.000	5.000	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								

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
pésima en lateral	N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0 m η = 58.2	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	x: 0 m η = 16.6	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	x: 0 m η < 0.1	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPLE η = 58.2
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción. (2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. (3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (5) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (6) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (7) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (8) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (9) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (10) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

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

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

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:

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

26.85 ≤ 248.60 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>126.20</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>4.70</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>5.93</u> cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} : <u>5.04</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>2140673</u> kp/cm ²
f_{vf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{vf} : <u>2803.26</u> kp/cm ²
Siendo:	

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)

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:

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

$$\eta : \mathbf{0.582} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 32.000, 25.000, 1.450, para la combinación de acciones 1.35*G1 + 1.35*G2 + 1.50*V(270°) H1.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^+} : \underline{1.374} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^-} : \underline{0.000} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} : \underline{2.358} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \underline{1}$$

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

$$\mathbf{W_{pl,y}} : \underline{88.34} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$\mathbf{f_y} : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{Mo}} : \underline{1.05}$$

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:

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

$$\eta : \underline{0.166} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 32.000, 25.000, 1.450, para la combinación de acciones 1.35*G1 + 1.35*G2 + 1.50*V(270°) H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{1.685} \text{ t}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{10.142} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{6.58} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{140.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.70} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

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

$$26.85 < 64.71$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{26.85}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

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

$$1.685 \leq 5.071$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo 32.000, 25.000, 1.450, para la combinación de acciones 1.35*G1 + 1.35*G2 + 1.50*V(270°) H1.

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

V_{Ed} : 1.685 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 10.142 t

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)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

3.2.1.4. Comprobación de flecha para correas LATERALES.

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 94.04 %

Coordenadas del nudo inicial: 32.000, 25.000, 1.450

Coordenadas del nudo final: 32.000, 30.000, 1.450

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot V(270^\circ)$ H1 a una distancia 2.500 m del origen en el tercer vano de la correa.

($I_y = 541 \text{ cm}^4$) ($I_z = 45 \text{ cm}^4$)

Las correas a utilizar estarán formadas por perfiles IPE-140 de acero S275 y separadas una longitud de 2,9 metros.

3.2.2. CORREAS HASTIALES**3.2.2.1. Información de las correas.**

Las correas que se van a utilizar para los primeros cálculos de la cubierta van a ser IPE-140 de acero S275.

Características:

$$Peso = 12,90 \frac{\text{kg}}{\text{m}} = 126,55 \frac{\text{N}}{\text{m}} = 0,1265 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$W_{el,y} = 77,32 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$W_{el,z} = 12,31 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

Número de correas:

El número de correas que se van a utilizar para los hastiales trasero y delantero va a ser $n=3$ con una separación de 3 m entre las mismas.

Nuestra distancia entre pórticos es de 6,5 m y 7 m, introduciremos tirantillas a 3,25 m y 3,5 respectivamente de cada pórtico para disminuir el efecto tanto de los momentos como de las deformaciones máximas en las combinaciones en paralelo.

Disposición de las correas:

La correa del medio, es la que mayor área de influencia tiene, en concreto $A = 3m \cdot 20m = 60m^2$ en disposición hastial. Dicha correa es la que mayores cargas soportará, con lo cual inmediatamente se convierte en objeto de estudio para su dimensionamiento. Si la correa número dos soporta dichas cargas, también el resto de correas al ser su área de influencia menor.

3.2.2.2. Acciones sobre las correas.

Peso propio:

Cubierta:

$$Q_{g//1} = 8,71 \frac{kg}{m^2} = 0,085 \frac{kN}{m^2} \cdot 3m = 0,256 \frac{kN}{m}$$

$$Q_{g\perp 1} = 0 \frac{kN}{m}$$

El peso propio de la cubierta se ha de multiplicar por el ancho del área tributaria de la correa para que se puedan sumar las cargas.

Perfil IPE-140:

$$Q_{g//2} = 12,90 \frac{kg}{m} = 126,55 \frac{N}{m} = 0,1265 \frac{kN}{m}$$

$$Q_{g\perp 2} = 0 \frac{kN}{m}$$

3.2.2.2.1. Peso propio total:

$$Q_{g//} = 0,256 \frac{kN}{m} + 0,1265 \frac{kN}{m} = 0,38 \frac{kN}{m}$$

3.2.2.2.2. Sobrecarga de uso:

Documento Básico SE - AE (Pág. 5)

En el primer apartado, se especifica que se establecerá una sobrecarga de uso para todo aquel lo que ejerza un efecto gravitatorio sobre el edificio por razón de uso. En las correas hastiales y laterales, dicho uso no está presente.

$$Q_{SU} = 0 \frac{kN}{m}$$

3.2.2.2.3. Sobrecarga de nieve:

Documento Básico SE - AE (Pág. 10)

Con respecto a la sobrecarga de nieve, se establece de igual forma que en la anterior acción de sobrecarga de uso, de forma que:

$$Q_N = 0 \frac{kN}{m}$$

3.2.2.2.4. Sobrecarga de viento:

Documento Básico SE-AE (Pág. 7):

La acción del viento es perpendicular a la nave, por lo que sólo tiene una componente que se calcula directamente mediante:

$$Q_e = Q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

Siendo:

Q_b : La presión dinámica del viento. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse 0,45 kN/m². Pueden obtenerse valores más precisos mediante el anejo D, en función del emplazamiento geográfico de la obra.

C_e : El coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Se determina de

acuerdo con lo establecido en 3.3.3. En edificios urbanos de hasta 8 plantas puede tomarse un valor constante, independiente de la altura, de 2,0.

C_p : El coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión. Su valor se establece en 3.3.4 y 3.3.5.

Documento Básico SE-AE (Pág. 23):

El valor básico de la presión dinámica del viento puede obtenerse con la expresión:

$$Q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2$$

Nos situamos en la Zona B, por lo que $Q_b = 0,455 \frac{kN}{m^2}$

Con respecto al coeficiente de exposición:

Documento Básico SE-AE (Pág. 8)

La nave industrial la cual se estudia el diseño se encuentra en la zona III: zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como arboles o construcciones pequeñas, conociendo la altura del punto considerado, en este caso, la altura de la primera correa, 8 m., e interpolando, obtenemos $C_e = 2,2$.

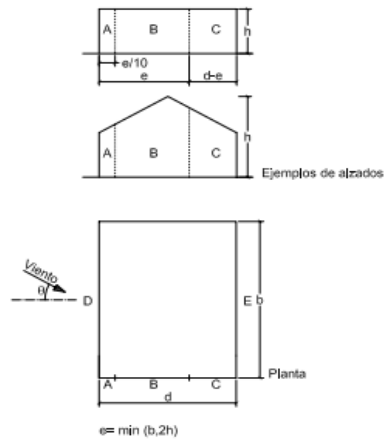
Los coeficientes de presión exterior o eólico C_p dependen de la dirección relativa del viento, de la forma del edificio, de la posición de elemento considerado y de su área de influencia.

En este caso para correas laterales, tenemos dos posiciones distintas de incidencia del viento, transversal y longitudinal; y dos hipótesis distintas para cada una, viento a presión y viento a succión para las diferentes zonas, como se muestra a continuación:

En primer lugar se calculan las cargas en los paramentos verticales, es decir, en los cerramientos de nuestra nave, para ello se utiliza la tabla D.3. En ella se visualizan tres gráficos con las distintas zonas de carga en función de donde venga el viento. Como el viento

puede venir por las cuatro caras habrá que ir girando la nave hasta que coincida el ángulo del viento que se considera en el tercer gráfico de la tabla D.3.

Tabla D.3 Paramentos verticales



A (m ²)	h/d	Zona (según figura), -45° < θ < 45°				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3

Situaciones de máxima presión interior y máxima succión interior.

La cara que azote directamente el viento se denominará D, la opuesta será la E, la de sotavento. En función del ángulo, una de las dos caras restantes quedará al rebufo de los vientos y en ella se distribuyen las zonas A, B y C. Dependiendo del ángulo de incidencia del viento, las distintas zonas A, B, C, D y E irán girando y ocupando distintas zonas del cerramiento. Cada cuarto de vuelta se generará una hipótesis distinta.

Correas hastiales:

Como se ha definido antes, las correas hastiales ocupan las zonas A, B y C en disposición transversal del viento y las zonas D y E en la longitudinal.

Viento transversal:

En este caso la zona D es el lateral izquierdo, la E el derecho y las zonas A, B y C ocuparían el hastial delantero o trasero, en función de si el ángulo es algo menor o mayor que 0 respectivamente. Para generalizar se disponen las cargas de las zonas A, B y C en ambos piñones. Para calcular las anchuras de las zonas A, B y C tendremos que fijarnos en el primer gráfico de esta tabla D.3. El valor del parámetro d , según el tercero de los gráficos, coincide con la longitud del paramento ocupado por las zonas A, B y C. La e se obtiene de la expresión $e = \min(b, 2h)$.

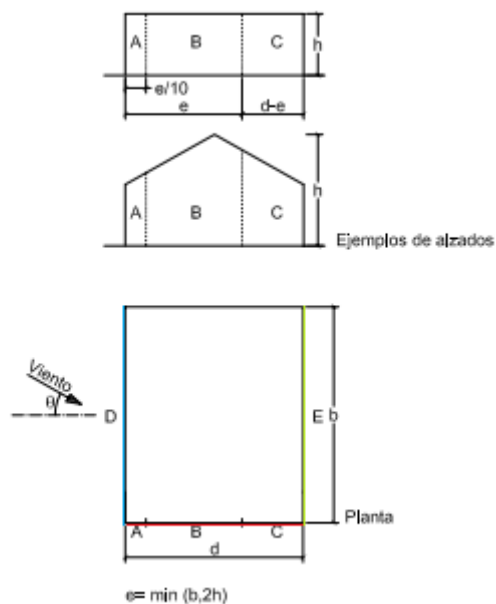


Tabla D3: Disposición de las zonas de viento transversal.

$$e = \min(b, 2h) = \min(20, 2 \cdot 8) = 16m$$

$$\text{Zona A} \rightarrow \frac{e}{10} = \frac{16}{10} = 1,6m$$

$$\text{Zona B} \rightarrow e - \frac{e}{10} = 16 - \frac{16}{10} = 14,4m$$

$$\text{Zona C} \rightarrow d - e = 20 - 16 = 4m$$

$$\text{Superficie de } 8m \cdot 1m = 8m^2 \rightarrow \frac{h}{d} = \frac{8}{20} = 0,4$$

La tabla siguiente muestra los valores del coeficiente de presión para la disposición transversal:

$A > 10$ m^2	A	B	C
1	-1,2	-0,8	-0,5
0,4	-1,2	-0,8	-0,1
$\leq 0,25$	-1,2	-0,8	0
$A = 8 m^2$	-1,21	-0,81	-0,14
$A = 5 m^2$	A	B	C
1	-1,3	-0,9	-0,5
0,4	-1,3	-0,9	-0,5
$\leq 0,25$	-1,3	-0,9	-0,5

$$C_{pAt} = C_{pe5} + (C_{pe10} - C_{pe5}) \cdot \log A_t$$

Conociendo los valores de la presión dinámica, el coeficiente de exposición y el de presión, se calculan a continuación los distintos valores de sobrecarga de viento en transversal para sus respectivas zonas en KN/m:

$$(Q_{vs})_A = -1,21 \frac{kN}{m^2} \cdot 3m = -3,63 \frac{kN}{m}$$

$$(Q_{vs})_B = -0,81 \frac{kN}{m^2} \cdot 3m = -2,43 \frac{kN}{m}$$

$$(Q_{vs})_C = -0,14 \frac{kN}{m^2} \cdot 3m = -0,42 \frac{kN}{m}$$

Viento longitudinal: (Presión exterior)

Se hace girar la rosa de vientos 90° en sentido anti horario, lo que nos conduce a las hipótesis de viento frontal. Ahora las zonas A, B y C están en los laterales y las zonas D y E son respectivamente el piñón delantero y el trasero. Es como si giráramos la tabla D.3 para que el viento simbolizado azotara el hastial delantero. Al girar los esquemas cambian las zonas de lugar, giran solidariamente con el viento. Tal y como se ilustra en la siguiente figura.

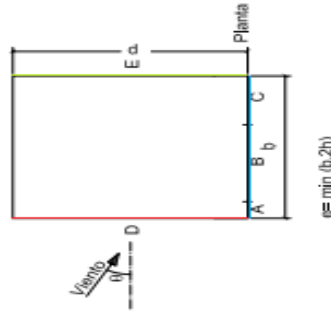


Tabla D3: Disposición de las zonas en viento longitudinal.

$$\text{Superficie de } 8m \cdot 1m = 8m^2 \rightarrow \frac{h}{d} = \frac{8}{30} = 0,26 = 0,25$$

La tabla siguiente muestra los valores del coeficiente de presión para la disposición longitudinal:

$A > 10 m^2$	D	E
≤ 25	0,7	-0,3
$A = 8 m^2$	0,7	-0,3
$A = 5 m^2$	D	E
$\leq 0,25$	0,8	-0,3

$$C_{pAt} = C_{pe5} + (C_{pe10} - C_{pe5}) \cdot \log A_t$$

Conociendo los valores de la presión dinámica, el coeficiente de exposición y el de presión, se calculan a continuación los distintos valores de sobrecarga de viento en transversal para sus respectivas zonas en KN/m:

$$(Q_{vp})_D = 0,7 \frac{kN}{m^2} \cdot 3m = 2,1 \frac{kN}{m}$$

$$(Q_{vs})_E = -0,3 \frac{kN}{m^2} \cdot 3m = -0,9 \frac{kN}{m}$$

Viento longitudinal: (Presión interior)

En este caso aparece una presión provocada por el hueco de la fachada donde se colocará la puerta (tabla 3.6 Coeficientes de presión interior DB-SE-AE):

- Frente $C_{pi} = 0,7$

$$\text{Esbeltez } \frac{h}{b} = \frac{3}{20} = 0,15m$$

$$A_{HS} = 0$$

$$Q_{piF} = 0,7 \frac{kN}{m^2} \cdot 3m = 2,1 \frac{kN}{m}$$

- Atrás $C_{pi} = -0,5$

$$\text{Esbeltez } \frac{h}{b} = \frac{3}{20} = 0,15m$$

$$A_{HS} = 1$$

$$Q_{piA} = -0,5 \frac{kN}{m^2} \cdot 3m = -1,5 \frac{kN}{m}$$

Viento longitudinal más peligroso (Exterior menos Interior)

$$(Q_{vp})_D = 2,1 \frac{kN}{m} - (-1,5 \frac{kN}{m}) = 3,6 \frac{kN}{m}$$

$$(Q_{vs})_E = -0,9 \frac{kN}{m} - 2,1 \frac{kN}{m} = -3 \frac{kN}{m}$$

Comprobación.

Para la comprobación se ha de estudiar tanto la resistencia y el servicio:

Resistencia:

En cuanto a la comprobación de la resistencia se ha de decir que las tensiones a las que está sometido el perfil han de ser inferiores a las que el material es capaz de soportar antes de entrar en fallo mecánico, para ello se comprueba con la siguiente ecuación que compara las tensiones que sufre la viga con la resistencia del material.

$$\frac{M_y}{W_{el,y}} + \frac{M_z}{W_{el,z}} < f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_s}$$

Utilizando como coeficiente parcial de seguridad para resistencia 1,05.

Servicio:

Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa es menor que:

- a) L/500 en pisos con tabiques frágiles (como los de gran formato, rasillones, o placas) o pavimentos rígidos sin juntas;
- b) L/400 en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas;
- c) L/300 en el resto de los casos.

Cuando se considere el confort de los usuarios, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando solamente las acciones de corta duración, la flecha relativa, es menor que L/350.

Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones casi permanente, la flecha relativa es menor que L/300.

En este caso al tener deformaciones en dos direcciones se ha de obtener la resultante mediante la siguiente fórmula, comparando los resultados con L/300.

$$\sqrt{\delta_{\perp}^2 + \delta_{//}^2} < \frac{L}{300}$$

3.2.2.3. Combinaciones en perpendicular (perfil IPE-140 a máxima inercia):

$\gamma_V \cdot Q_V$, en transversal, zonas A, B y C:

$$1,5 \cdot (Q_{vs})_A = -5,45 \frac{kN}{m}$$

$$1,5 \cdot (Q_{vs})_B = -3,64 \frac{kN}{m}$$

$$1,5 \cdot (Q_{vs})_C = -0,63 \frac{kN}{m}$$

$\gamma_V \cdot Q_V$, en longitudinal, zonas D y E:

$$1,5 \cdot (Q_{vp})_D = 5,4 \frac{kN}{m}$$

$$1,5 \cdot (Q_{vs})_E = -4,5 \frac{kN}{m}$$

3.2.2.4. Combinaciones en paralelo (perfil IPE-140 girado a 90°):

$$\gamma_G \cdot Q_G = 1,35 \cdot 0,38 \frac{kN}{m} = 0,513 \frac{kN}{m}$$

3.2.2.5. Combinaciones peligrosas de correas hastiales

Tener en cuenta que en el programa Cespla, que usaremos a continuación, los ejes están al contrario que en el Documento Básico SE-AE.

Se estudiará a continuación qué combinación de viento en perpendicular es la más peligrosa, para ello, y sabiendo que en las combinaciones de viento no se tienen en cuenta los apoyos de las tirantillas, se comprobará cuál de ellas tiene un momento máximo mayor.

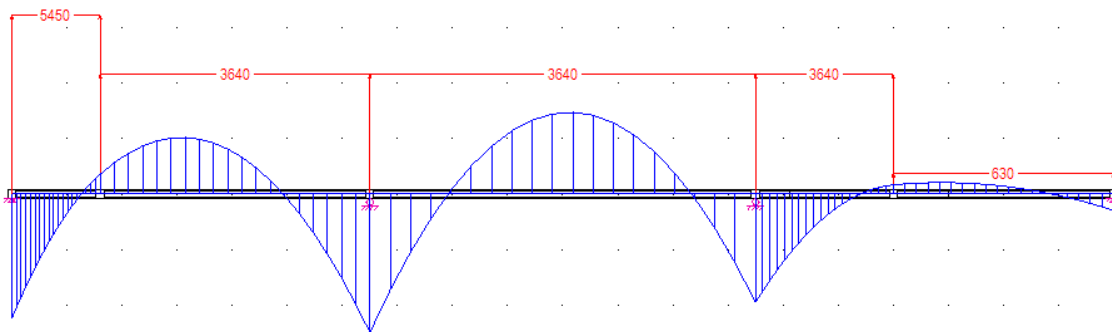
Combinaciones en perpendicular (perfil IPE-140 a máxima inercia) para correas hastiales:

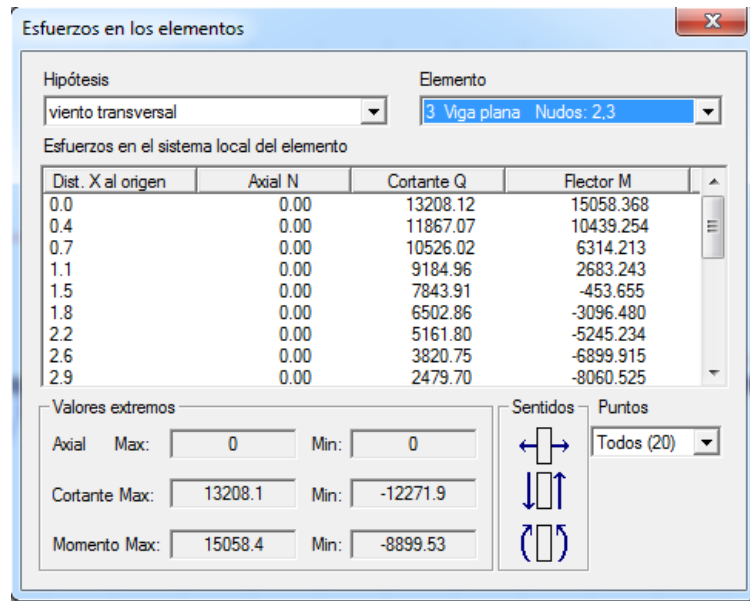
$\gamma_V \cdot Q_V$, en transversal, zonas A, B y C:

$$1,5 \cdot (Q_{vs})_A = -5,45 \frac{kN}{m}$$

$$1,5 \cdot (Q_{vs})_B = -3,64 \frac{kN}{m}$$

$$1,5 \cdot (Q_{vs})_C = -0,63 \frac{kN}{m}$$

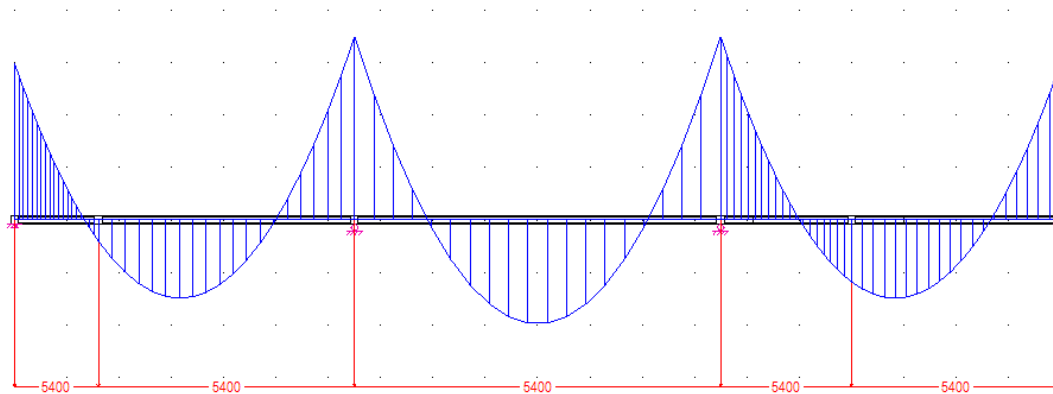


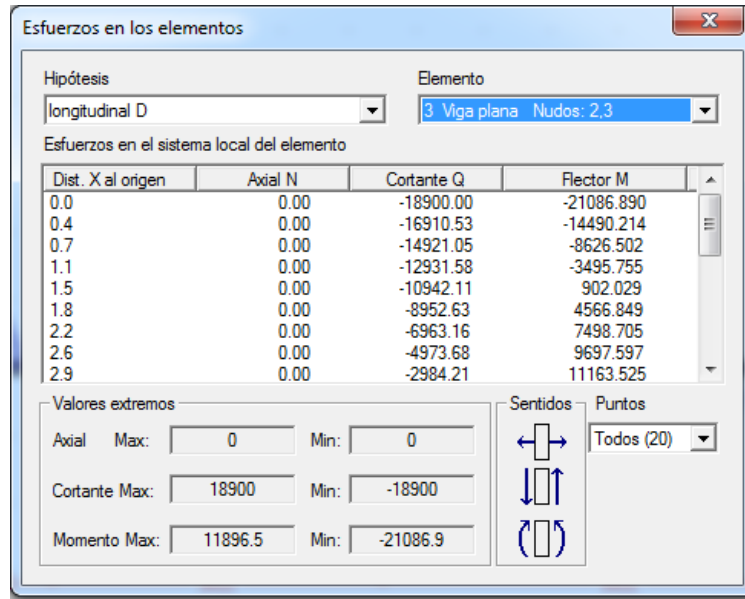


Momento máximo = 15.058,4N.m a 6,5 m

$\gamma_V \cdot Q_V$, en longitudinal, zonas D y E:

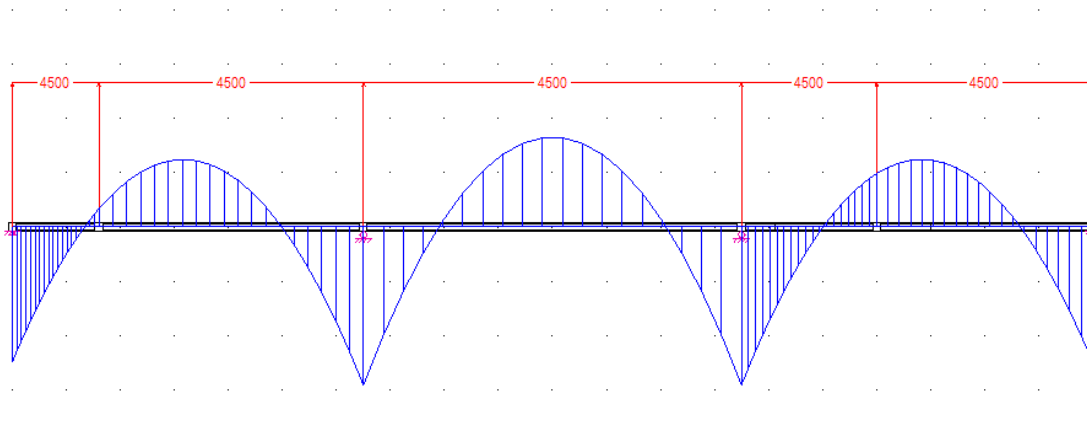
$$1,5 \cdot (Q_{vp})_D = 5,4 \frac{kN}{m}$$





Momento máximo = 21.086,9N.m a 6,5 m.

$$1,5 \cdot (Q_{vs})_E = -4,5 \frac{kN}{m}$$



Esfuerzos en los elementos

Hipótesis: longitudinal E Elemento: 3 Viga plana Nudos: 2,3

Esfuerzos en el sistema local del elemento

Dist. X al origen	Axial N	Cortante Q	Flector M
0.0	0.00	15750.00	17572.409
0.4	0.00	14092.11	12075.179
0.7	0.00	12434.21	7188.752
1.1	0.00	10776.32	2913.129
1.5	0.00	9118.42	-751.691
1.8	0.00	7460.53	-3805.708
2.2	0.00	5802.63	-6248.921
2.6	0.00	4144.74	-8081.331
2.9	0.00	2486.84	-9302.938

Valores extremos

Axial Max: 0 Min: 0

Cortante Max: 15750 Min: -15750

Momento Max: 17572.4 Min: -9913.74

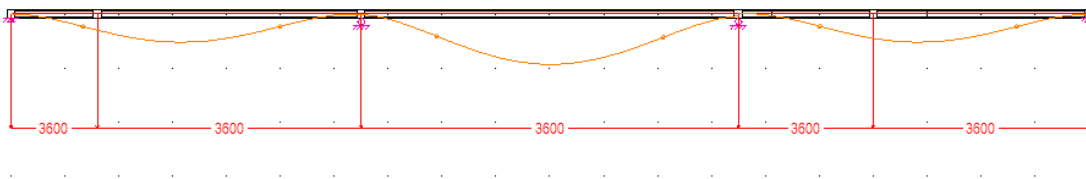
Sentidos: Puntos: Todos (20)

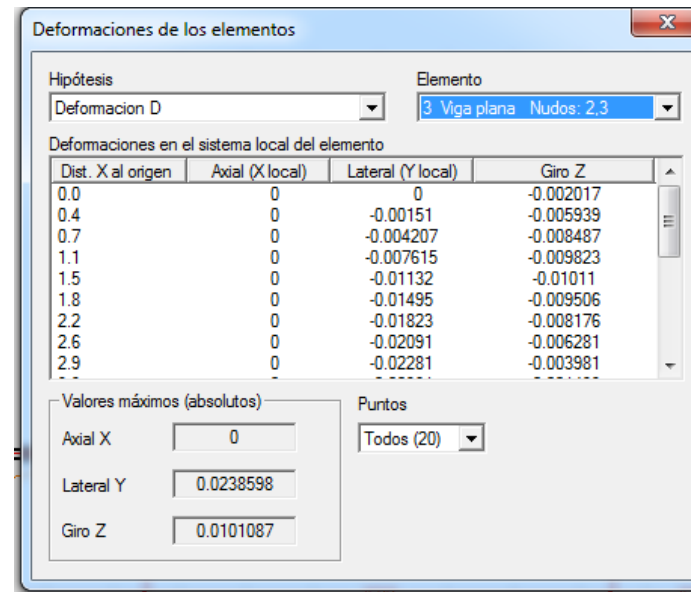
Momento máximo = 17.572,4 N.m a 6,5 m.

En conclusión, la combinación más peligrosa es la provocada por $\gamma_V \cdot Q_V$, en longitudinal, D, por lo que se pasa al estudio de la deformación máxima para dicha combinación.

Deformaciones:

$$(Q_{vp})_D = 3,6 \frac{kN}{m}$$



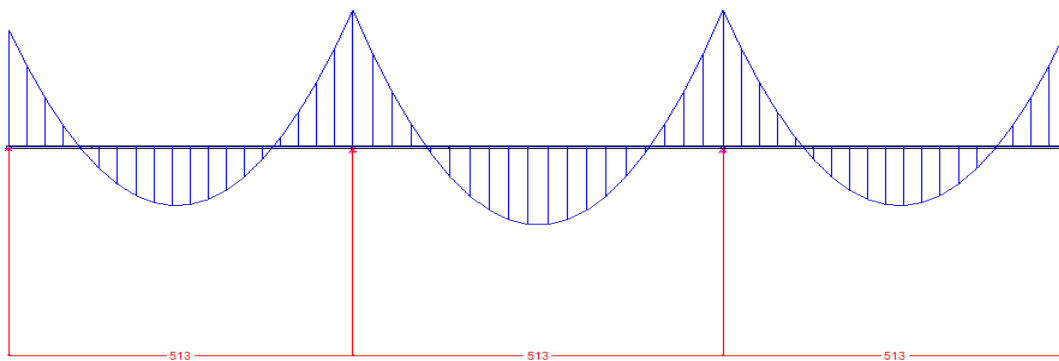


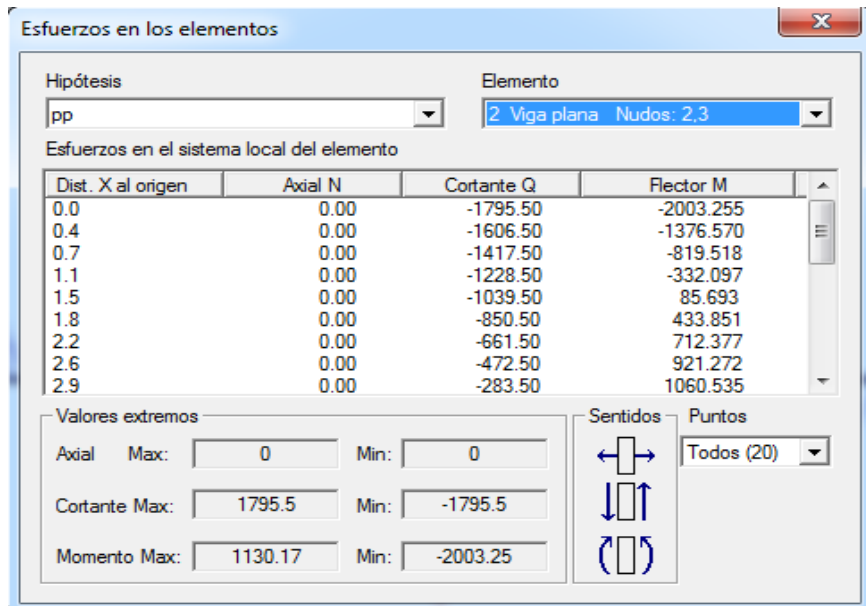
Deformación máxima = 23,85mm a 10 m.

Combinaciones en paralelo (perfil IPE-140 girado a 90°) para correas hastiales:

Al contrario de lo que ocurre en las perpendicular, la única combinación aquí posible es la del propio peso.

$$\gamma_G \cdot Q_G = 1,35 \cdot 0,38 \frac{kN}{m} = 0,513 \frac{kN}{m}$$

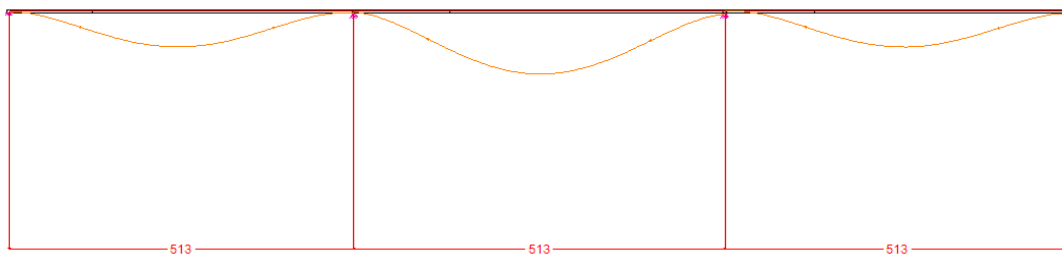




Momento máximo = 2.003,25 N.m a 6,5 y 13,5 m.

Deformaciones:

$$Q_G = 0,38 \frac{kN}{m}$$



Deformaciones de los elementos

Hipótesis: pp Elemento: 2 Viga plana Nudos: 2,3

Deformaciones en el sistema local del elemento

Dist. X al origen	Axial (X local)	Lateral (Y local)	Giro Z
1.5	0	-0.01943	-0.01736
1.8	0	-0.02568	-0.01632
2.2	0	-0.0313	-0.01404
2.6	0	-0.0359	-0.01078
2.9	0	-0.03916	-0.006835
3.3	0	-0.04089	-0.002471
3.7	0	-0.04097	0.002032
4.1	0	-0.03941	0.006396
4.4	0	-0.03631	0.01034

Valores máximos (absolutos):

Axial X: 0

Lateral Y: 0.0409668

Giro Z: 0.0173565

Puntos: Todos (20)

Deformación máxima = 40,96mm a 10 m.

Comprobación:

Resistencia:

$$\frac{M_y}{W_{el,y}} + \frac{M_z}{W_{el,z}} < f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_s}$$

$$\frac{21.086,9 \cdot 10^3}{77,32 \cdot 10^3} + \frac{2.003,25 \cdot 10^3}{12,31 \cdot 10^3} = 435,45 \text{ N/mm}^2 > 261,9 = \frac{275}{1,05}$$

Deformaciones:

$$\sqrt{\delta_{\perp}^2 + \delta_{//}^2} < \frac{L}{300}$$

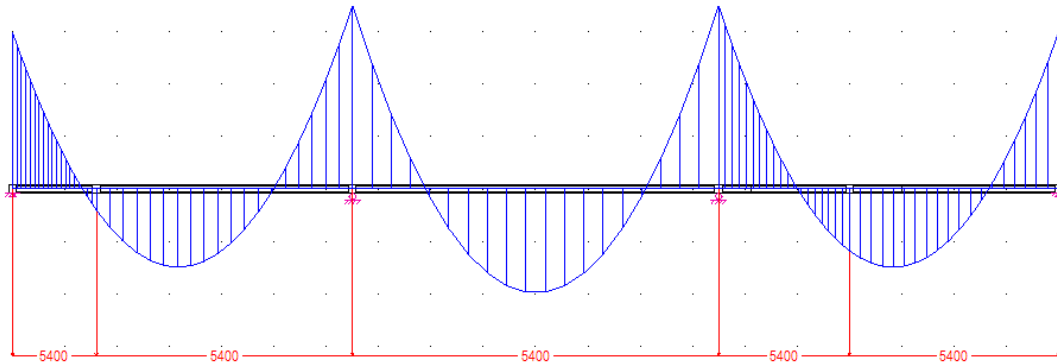
$$\sqrt{23,85^2 + 40,96^2} = 47,39 \text{ mm} > 25 = \frac{7500}{300}$$

Se observa que el perfil elegido tanto para los laterales como para la cubierta, el IPN-140, no soporta ni a resistencia ni a deformación, por lo que se tendrá que utilizar el perfil inmediatamente superior, perfil IPE-160 y se emplearán tirantillas.

Resistencia:

Perpendicular

$$1,5 \cdot (Q_{vp})_D = 5,4 \frac{kN}{m}$$



Esfuerzos en los elementos

Hipótesis: longitudinal D Elemento: 3 Viga plana Nudos: 2,3

Esfuerzos en el sistema local del elemento

Dist. X al origen	Axial N	Cortante Q	Flector M
0.0	0.00	-18900.00	-21086.890
0.4	0.00	-16910.53	-14490.214
0.7	0.00	-14921.05	-8626.502
1.1	0.00	-12931.58	-3495.755
1.5	0.00	-10942.11	902.029
1.8	0.00	-8952.63	4566.849
2.2	0.00	-6963.16	7498.705
2.6	0.00	-4973.68	9697.597
2.9	0.00	-2984.21	11163.525

Valores extremos

Axial Max: 0 Min: 0

Cortante Max: 18900 Min: -18900

Momento Max: 11896.5 Min: -21086.9

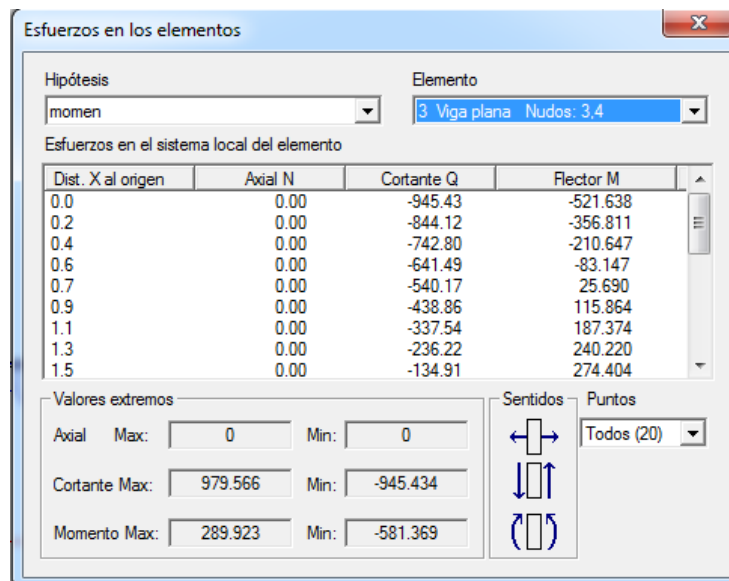
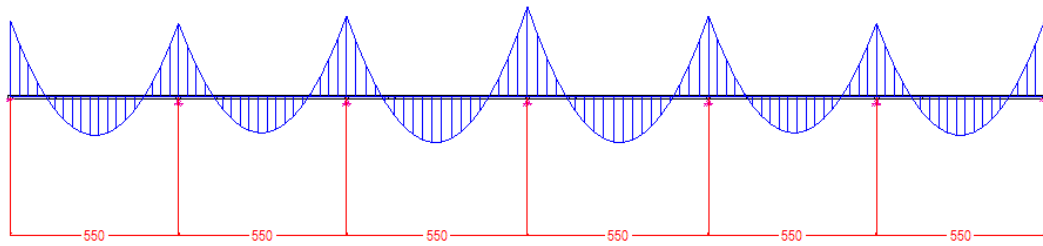
Sentidos:

Puntos: Todos (20)

Momento máximo = 21.086,9N.m a 6,5 m.

Paralelo

$$\gamma_G \cdot Q_G = 1,35 \cdot 0,41 \frac{kN}{m} = 0,55 \frac{kN}{m}$$

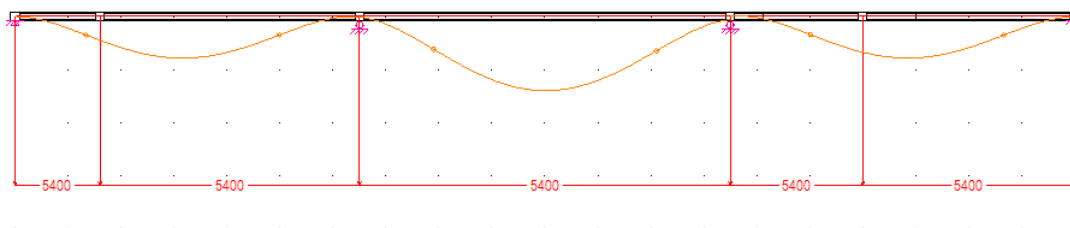


Momento máximo = 289,92 N.m a 8,25 y 11,75 m.

Deformaciones para IPE-160:

En perpendicular:

$$Q_G = 0,38 \frac{kN}{m}$$



Dist. X al origen	Axial (X local)	Lateral (Y local)	Giro Z
0.4	0	-0.00141	-0.005546
0.7	0	-0.003929	-0.007925
1.1	0	-0.007111	-0.009173
1.5	0	-0.01057	-0.00944
1.8	0	-0.01396	-0.008877
2.2	0	-0.01702	-0.007635
2.6	0	-0.01953	-0.005865
2.9	0	-0.0213	-0.003718
3.3	0	-0.02224	-0.001344

Valores máximos (absolutos):
 Axial X: 0
 Lateral Y: 0.022281
 Giro Z: 0.00943987

Deformación máxima = 22,22mm a 10 m.

En paralelo:

Se observa que, como se ha comentado anteriormente al inicio de este apartado, la distancia entre apoyos se ve reducida a la mitad en la combinación en paralelo del peso con respecto a las combinaciones en perpendiculares correspondientes a los vientos. Esto es debido a que en paralelo se tienen en cuenta las tirantillas, las cuales se encuentran a una distancia de 3,5 m de cada pórtilo. Esto origina que el momento máximo esté situado a 3,5 m con lo que habrá que realizar dos estudios distintos tanto de resistencia como de deformación.

3.2.2.6. Cambio de Perfil

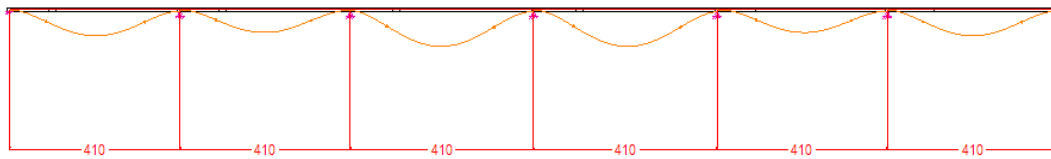
Perfil IPE-160:

$$Q_{g//} = 15,77 \frac{kg}{m} = 154,7 \frac{N}{m} = 0,154 \frac{kN}{m}$$

$$Q_{g\perp} = 0 \frac{kN}{m}$$

Peso propio total:

$$Q_{g//} = 0,256 \frac{kN}{m} + 0,154 \frac{kN}{m} = 0,41 \frac{kN}{m}$$



Deformaciones de los elementos

Hipótesis: pp Elemento: 4 Viga plana Nudos: 4,5

Deformaciones en el sistema local del elemento

Dist. X al origen	Axial (X local)	Lateral (Y local)	Giro Z
0.7	0	-0.0005283	-0.001061
0.9	0	-0.0007218	-0.001023
1.1	0	-0.0009	-0.0008995
1.3	0	-0.001049	-0.0007092
1.5	0	-0.001158	-0.0004703
1.7	0	-0.00122	-0.000201
1.8	0	-0.001232	8.055e-05
2.0	0	-0.001191	0.000356
2.2	0	-0.001102	0.0006072

Valores máximos (absolutos):

Axial X: 0

Lateral Y: 0.00123159

Giro Z: 0.00106141

Puntos: Todos (20)

Deformación máxima = 12,31mm a 8,25 m.

Comprobación:

Resistencia:

$$\frac{M_y}{W_{el,y}} + \frac{M_z}{W_{el,z}} < f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_s}$$

$$\frac{21.086,9 \cdot 10^3}{108,66 \cdot 10^3} + \frac{289,92 \cdot 10^3}{16,66 \cdot 10^3} = 211,46 \text{ N/mm}^2 > 261,9 = \frac{275}{1,05}$$

Deformaciones:

$$\sqrt{\delta_{\perp}^2 + \delta_{\parallel}^2} < \frac{L}{300}$$

$$\sqrt{22,22^2 + 12,31^2} = 25 \text{ mm} < 25 = \frac{7500}{300}$$

Efectivamente, se utilizará el perfil IPE-160 ayudado de tirantillas.

3.3. PUENTE GRÚA MONORRAIL 2Tn

3.3.1. Características:

- Luz libre al suelo desde las ménsulas → 6,5m.
- Luz entre carriles → 20m.
- Capacidad → 2Tn = 19620N
- Reacción máxima por rueda → 18850N
- Reacción mínima por rueda → 8200N
- Velocidad máxima del puente → 0,63^{m/s}
- Velocidad máxima del carro → 0,19^{m/s}

Estado de carga

1 Ligero → Levantan excepcionalmente la carga nominal y en general cargas que son $\frac{1}{3}$ de la carga nominal.

Condiciones de utilización

B → Utilización regular en servicio intermitente.

Puente grúa de almacén → B-C ; 1-2 → Grupo 3-4-5

Coefficientes de mayoración dinámicos

- $\varphi_{viga} = 1,15$
- $\varphi_{pilar} = 1$

3.3.2. Calculo viga carril

1. FUERZA VERTICAL

Viga

- $F_{vert\ máx} = 1,15 \cdot 2 \cdot 18850 = 43355N = 43,35KN$
- $F_{vert\ mín} = 1,15 \cdot 2 \cdot 8200 = 18860N = 18,86KN$

Pilar

- $F_{vert\ máx} = 1 \cdot 2 \cdot 18850 = 37700N = 37,7KN$
- $F_{vert\ mín} = 1 \cdot 2 \cdot 8200 = 16400N = 16,4KN$

2. FUERZA LONGITUDINAL

$$F_{LONG} = (Q + P + C) \cdot \frac{2 \cdot j_P}{g} \leq (Q + P + C) \cdot f \cdot k_P$$

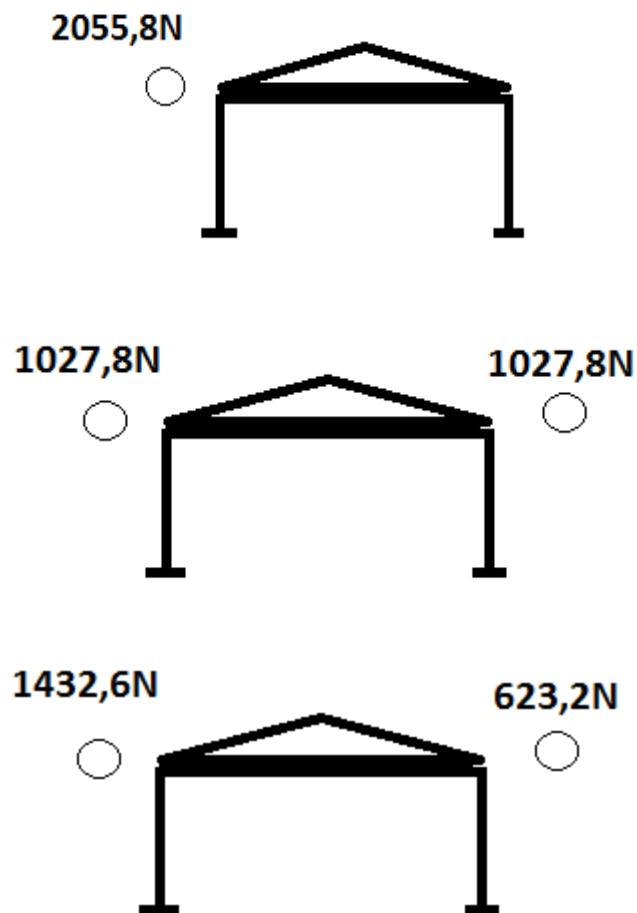
j_P : Aceleración media del puente $j_P = 0,19 \text{ m/s}^2$

f : Coeficiente de rozamiento o adherencia $f = 0,2$

$$k_P = \frac{n^\circ \text{ ruedas motrices}}{n^\circ \text{ ruedas totales}} = \frac{2}{4} = 0,5$$

$$F_{LONG} = F_{vert_{pilar}} \cdot f \cdot k_P = (37700 + 16400) \cdot 0,2 \cdot 0,19 = 2055,8N < 5410N$$

Acciones del puente grúa como puntuales:



Cargas proporcionales:

- $F_{LONGmax} = 37700 \cdot 0,2 \cdot 0,19 = 1432,6N$
- $F_{LONGmin} = 16400 \cdot 0,2 \cdot 0,19 = 623,2N$

3. FUERZA TRANSVERSAL → Q+C

Peso del carro → C=1,2Tn = 10987,2N

$$Q + C = 30607,2N$$

$$Q + C + P = 54100N \rightarrow P = 23493N$$

$$F_{TRANS} = (Q + C) \cdot 0,2 \cdot 0,19 = 1163,07 N$$

PUENTE MOV. + CARRO PARADO



Resistencia

Esfuerzos en los elementos

Hipótesis: vertical y longitudinal Elemento: 6 Viga plana Nudos: 6,7

Esfuerzos en el sistema local del elemento

Dist. X al origen	Axial N	Cortante Q	Flector M
0.0	-716.30	18860.47	7867.479
0.0	-716.30	18860.47	7530.685
0.0	-716.30	18860.47	7193.891
0.1	-716.30	18860.47	6857.097
0.1	-716.30	18860.47	6520.303
0.1	-716.30	18860.47	6183.509
0.1	-716.30	18860.47	5846.715
0.1	-716.30	18860.47	5509.921
0.1	-716.30	18860.47	5173.127

Valores extremos

Axial Max: -716.3 Min: -716.3

Cortante Max: 18860.5 Min: 18860.5

Momento Max: 7867.48 Min: -8635.43

Sentidos: Puntos: Todos (50)

Momento máximo= 8635,43N·m

Deformaciones

Deformaciones de los elementos

Hipótesis: vertical y longitudinal Elemento: 5 Viga plana Nudos: 5,6

Deformaciones en el sistema local del elemento

Dist. X al origen	Axial (X local)	Lateral (Y local)	Giro Z
0.0	1.819e-05	-0.008308	4.02e-06
0.1	1.807e-05	-0.008297	0.0002526
0.2	1.794e-05	-0.008265	0.0005012
0.3	1.782e-05	-0.008212	0.0007498
0.3	1.769e-05	-0.008137	0.0009983
0.4	1.757e-05	-0.008041	0.001247
0.5	1.744e-05	-0.007924	0.001495
0.6	1.732e-05	-0.007785	0.001744
0.7	1.72e-05	-0.007625	0.001992

Valores máximos (absolutos):

Axial X: 1.81914e-05 Puntos: Todos (20)

Lateral Y: 0.00830844

Giro Z: 0.00472283

Deformación máxima=8,3mm

Comprobación para un perfil IPE 180

Resistencia: $\frac{M_y}{W_{el,y}} < f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_s}$

$$\frac{8635,43 \cdot 10^3 N \cdot mm}{146,33 \cdot 10^3 N \cdot mm} = 59,01 < 261,9 = \frac{275}{1,05}$$

Deformación: $\delta \leq \frac{L}{300}$

$$8,3 \leq \frac{5000}{300} = 16,66$$

PUENTE PARADO + CARRO MOV.



Fuerza vertical (viga 0°)

Resistencia

Esfuerzos en los elementos

Hipótesis: vertical | Elemento: 5 Viga plana Nudos: 9.4

Esfuerzos en el sistema local del elemento

Dist. X al origen	Axial N	Cortante Q	Flector M
0.0	0.00	18860.47	7867.479
0.0	0.00	18860.47	7530.685
0.0	0.00	18860.47	7193.891
0.1	0.00	18860.47	6857.097
0.1	0.00	18860.47	6520.303
0.1	0.00	18860.47	6183.509
0.1	0.00	18860.47	5846.715
0.1	0.00	18860.47	5509.921
0.1	0.00	18860.47	5173.127

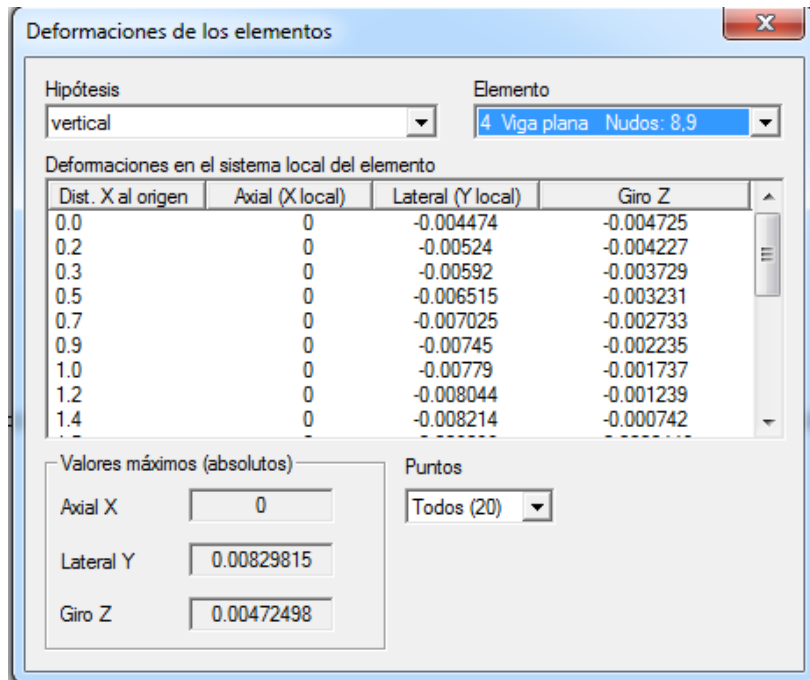
Valores extremos:

Axial Max:	0	Min:	0
Cortante Max:	18860.5	Min:	18860.5
Momento Max:	7867.48	Min:	-8635.43

Sentidos: | Puntos: Todos (50)

Momento máximo=8635,43N·m

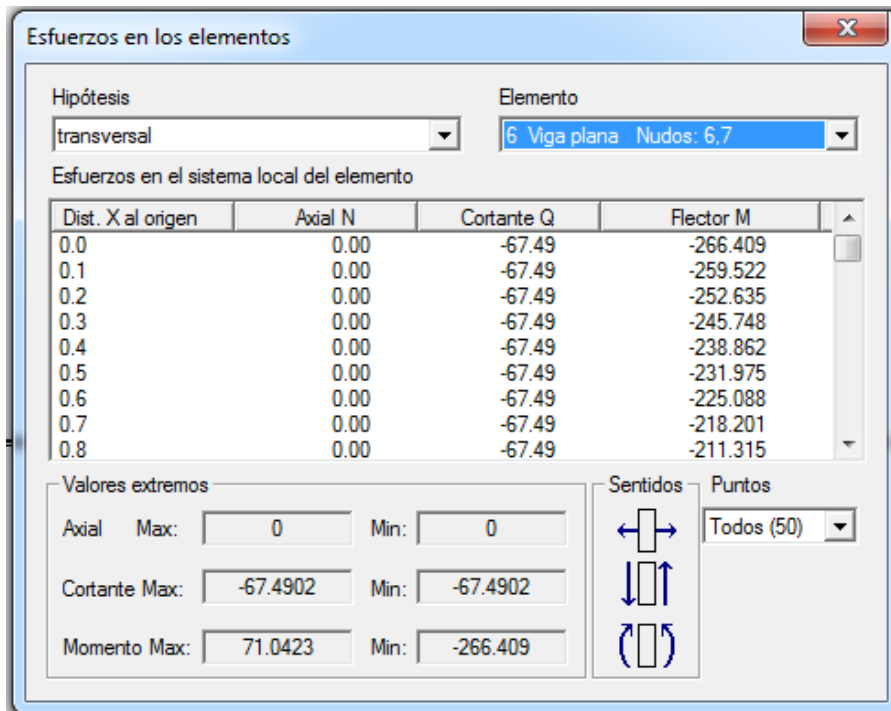
Deformaciones



Deformación máxima=8,29mm

Fuerza transversal (viga 90°)

Resistencia



Momento máximo=266,409N·m

Deformaciones

Deformaciones de los elementos

Hipótesis: transversal Elemento: 4 Viga plana Nudos: 4,5

Deformaciones en el sistema local del elemento

Dist. X al origen	Axial (X local)	Lateral (Y local)	Giro Z
0.0	0	-0.0018	-0.001901
0.2	0	-0.002108	-0.0017
0.3	0	-0.002382	-0.0015
0.5	0	-0.002621	-0.0013
0.7	0	-0.002826	-0.001099
0.9	0	-0.002997	-0.000899
1.0	0	-0.003134	-0.0006988
1.2	0	-0.003236	-0.0004986
1.4	0	-0.003304	-0.0002985

Valores máximos (absolutos)

Axial X: 0

Lateral Y: 0.00333818

Giro Z: 0.00190077

Puntos: Todos (20)

Deformación máxima = 3,33 mm

Comprobación para un perfil IPE 180

Resistencia: $\frac{M_y}{W_{el,y}} + \frac{M_z}{W_{el,z}} < f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_s}$

$$\frac{8635,43 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm}}{146,33 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm}} + \frac{266,409 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm}}{22,16 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{mm}} = 182,35 < 261,9 = \frac{275}{1,05}$$

Deformación: $\sqrt{\delta_{\perp}^2 + \delta_{\parallel}^2} \leq \frac{L}{300}$

$$\sqrt{8,29^2 + 3,33^2} = 8,93 \leq \frac{5000}{300} = 16,66$$

PERFIL SELECCIONADO PARA VIGA CARRIL, IPE 180

3.4. DIMENSIONAMIENTO DE PÓRTICOS

3.4.1. Datos de la obra

Separación entre pórticos: 5.00 m.

Con cerramiento en cubierta

- Peso del cerramiento: 9.33 kg/m²
- Sobrecarga del cerramiento: 0.00 kg/m²

Con cerramiento en laterales

- Peso del cerramiento: 8.71 kg/m²

3.4.2. Normas y combinaciones

Perfiles conformados	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Perfiles laminados	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Desplazamientos	Acciones características

3.4.3. Datos de viento

Normativa: CTE DB SE-AE (España)

Zona eólica: B

Grado de aspereza: III. Zona rural accidentada o llana con obstáculos

Periodo de servicio (años): 50

Profundidad nave industrial: 30.00

Con huecos:

- Área izquierda: 0.00
- Altura izquierda: 0.00
- Área derecha: 0.00
- Altura derecha: 0.00
- Área frontal: 78.00
- Altura frontal: 3.00
- Área trasera: 0.00
- Altura trasera: 0.00

- 1 - V(0°) H1: Viento a 0°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
- 2 - V(0°) H2: Viento a 0°, presión exterior tipo 1 con succión interior
- 3 - V(0°) H3: Viento a 0°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior
- 4 - V(0°) H4: Viento a 0°, presión exterior tipo 2 con succión interior
- 5 - V(90°) H1: Viento a 90°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
- 6 - V(90°) H2: Viento a 90°, presión exterior tipo 1 con succión interior
- 7 - V(180°) H1: Viento a 180°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior
- 8 - V(180°) H2: Viento a 180°, presión exterior tipo 1 con succión interior
- 9 - V(180°) H3: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 sin acción en el interior
- 10 - V(180°) H4: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 con succión interior
- 11 - V(270°) H1: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 con presión interior
- 12 - V(270°) H2: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 sin acción en el interior

3.4.4. Datos de nieve

Normativa: CTE DB-SE AE (España)

Zona de clima invernal: 1

Altitud topográfica: 762.00 m

Cubierta sin resaltos

Exposición al viento: Normal

Hipótesis aplicadas:

1 - N(EI): Nieve (estado inicial)

2 - N(R) 1: Nieve (redistribución) 1

3 - N(R) 2: Nieve (redistribución) 2

3.4.5. Aceros en perfiles

Tipo acero	Acero	Lim. elástico kp/cm ²	Módulo de elasticidad kp/cm ²
Aceros Laminados	S275	2803	2140673

Datos de pórticos			
Pórtico	Tipo exterior	Geometría	Tipo interior
1	Un agua	Luz total: 12.00 m. Alero izquierdo: 4.95 m. Alero derecho: 8.00 m.	Pórtico rígido
2	Dos aguas	Luz izquierda: 10.00 m. Luz derecha: 10.00 m. Alero izquierdo: 8.00 m. Alero derecho: 8.00 m. Altura cumbre: 10.54 m.	Pórtico rígido

3.5. EVACUACION DE AGUAS

3.5.1. Instalación de saneamiento

El saneamiento horizontal de la nave se resuelve mediante tubos de PVC con los diámetros indicados en los planos. Su pendiente no será inferior al 1,5% y acometerá a una arqueta sifónica general registrable.

Las arquetas a pié de bajante, de paso y sifónica, cuyas dimensiones y detalles se encuentran en los planos correspondientes, irán de ladrillo taco perforado de medio pié de espesor, enfoscadas y bruñidas interiormente, con sus esquinas rematadas a media caña y montadas sobre solera de 15 cm de espesor. La tapa será de hormigón armado con cerco y contracerco de angular metálico con argolla de apertura.

Se ejecutará una arqueta sifónica registrable desde la que se acometerá a la red general de alcantarillado.

Los desagües de los aparatos sanitarios se realizarán en PVC de los diámetros indicados en los planos. Todos los aparatos contarán con sifón individual y rebosadero.

3.5.2. Materiales

Toda la red se ejecutará con tubería de PVC y cumplirá las especificaciones de la norma UNE 43114 sobre tubos y accesorios de PVC rígido para descarga sanitaria.

3.5.3. Red de saneamiento y pequeña evacuación

Para la determinación de los diámetros de tubería de PVC en aguas sanitarias partimos de un coeficiente que denominamos unidad de descarga (UD), dado en función de los diferentes aparatos según la tabla que a continuación relacionamos:

APARATO	UNIDAD DE DESCARGA	Ø TUBO SERIE
Lavabos	2	40
Inodoros	2	110
Duchas	1	110
Vertedero	1	40

Una vez sumadas las unidades de descarga que vierten a un ramal, calculamos el diámetro del colector de PVC correspondiente según la siguiente tabla:

DIAMETRO COLECTOR PVC	UNIDADES DE DESCARGA
-----------------------	----------------------

110	240
125	480
160	1800
200	590

Para calcular los diámetros de las tuberías de PVC con un sistema mixto, realizamos los siguientes pasos:

- 1º. Conocer el caudal simultáneo de aguas sanitarias en litros por segundo.
- 2º. Conocer el caudal de aguas pluviales en litros por segundo.
- 3º. Unificar ambos caudales para determinar el diámetro de tubo necesario.

En el primer paso, para calcular el caudal simultáneo en l/sg de aguas sanitarias partimos de la suma de las unidades de descarga y aplicamos la siguiente fórmula:

$$Q = K \times UD$$

En la cual:

- Q: Caudal en l/sg.
- K: Coeficiente de simultaneidad (0,33)
- UD: Unidades de descarga.

El cálculo de aguas pluviales se realizará en función de la zona pluviométrica de la instalación, calculando las superficies de cubiertas inclinadas como proyección de estas sobre un plano horizontal.

Finalmente, conocidos los caudales de aguas sanitarias y pluviales, calculamos los colectores de aguas mixtas según la fórmula de Manning, considerando que la tubería está prácticamente llena.

$$V = \frac{\sqrt[3]{R^2 \cdot \sqrt{J}}}{N}$$

$$Q = V \cdot S$$

Donde:

- v: Velocidad en m/s. - N: Coeficiente del materia. (0,0009 para PVC)
- R: Radio hidráulico en m.
- J: Pendiente de la instalación.
- Q: Caudal en l/s.
- S: Sección en m².

A continuación utilizamos la tabla de caudal de aguas residuales en l/s.

DIAMETRO DEL COLECTOR DE PVC	UNIDADES DE DESCARGA
90	5.10
110	8.8
125	12.30
160	24.00
200	43.40
250	78.80
315	145.70

Los diámetros exteriores y los espesores de las tuberías que emplearemos en pequeña evacuación serán:

DIAMETRO EXTERIOR	ESPESOR (mm)
40	3.2
50	3.2
110	3.2

Del mismo modo, en los colectores tendremos:

DIAMETRO EXTERIOR	ESPESOR
110	3.2
1252	3.2
160	3.2
200	4

3.5.4. Desagües de baños y aseos

Los tubos serán de PVC tipo Terrain o similar, y los diámetros a instalar serán los siguientes:

- Tubo de salida: 50 mm
- Lavabo: 40 mm
- Inodoro: 110 mm
- Ducha: 50 mm

3.5.5. Red horizontal de saneamiento

Es única para la red de aguas fecales. Irá enterrada en todo su recorrido y sus diámetros serán los indicados en los planos.

3.5.6. Instalación de fontanería

Para el dimensionamiento de las distintas partes de la instalación se han tenido en cuenta las Normas Básicas para Instalaciones de Suministro de Agua y las normas municipales.

Clasificación de los suministros

La actividad contará con:

- Un aseo – vestuario, con ducha, en planta baja.

Los caudales instantáneos de los aparatos considerados son los siguientes:

- Lavabo: 0,20 x 1 uds.
- Inodoro: 0,40 x 1 uds.
- Ducha: 0,40 x 1 ud.
- TOTAL: 1,00

Acometida

Su instalación correrá a cargo del suministrador, y sus características se fijarán de acuerdo con la presión del agua, caudal de suministro, consumos, etc.

Considerando una longitud de acometida inferior a 6 m, tendremos que el diámetro de la misma habrá de ser con tubería lisa de 25 mm, siendo el diámetro del tubo de alimentación de 30 mm.

Contador

Será de un sistema y modelo aprobado por el Estado y en su caso por el Consorcio de Aguas del Ebro. Su tipo y diámetro se fijarán de acuerdo con el apartado 1.5.4 de las Normas Básicas.

Se instalará un contador divisionario para medir el consumo particular, instalándose aislado por tratarse de un solo titular. El contador se alojará en un armario situado en el paramento exterior y con unas dimensiones mínimas conforme a las normas del Consorcio de Aguas del Ebro, dotado de cerradura con llave de cuadrado.

En nuestro caso considerando el suministro del que se trata y que la altura del techo respecto de la calzada es inferior a 15 m, tendremos que:

- Diámetro contador: 15 mm.
- Diámetro llaves de compuerta: 15 mm.

Montantes de agua

La instalación interior será realizada por un instalador autorizado.

El montante une la salida del contador con la instalación interior. Dicho tubo deberá ser capaz de tomar la forma necesaria para enlazar la salida del contador con la posición vertical. El diámetro del tubo montante se dimensiona según el tipo de suministro y la altura de entrada del tubo respecto de la acometida, por lo que en nuestro caso tendremos un diámetro de 25 mm. en tubería lisa.

3.5.7. Instalación interior

El diámetro de la llave de paso de abonado será el mismo que el del montante (25 mm en nuestro caso).

Con objeto de dificultar el retorno de agua, esta hará su entrada por un nivel superior al de los aparatos a los que suministra.

Los diámetros de las derivaciones de aparato serán las siguientes (en tubería lisa):

- Lavabo: 10 mm.
- Ducha: 12 mm.
- Inodoro: 10 mm.



ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA
INDUSTRIAL DE BILBAO



GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2014 / 2015

*PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL
DESTINADA A LA FABRICACIÓN DE PUERTAS*

ANEXO B: DIMENSIONAMIENTO DE PERFILES METÁLICOS

DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO

NOMBRE: PABLO

APELLIDOS: PEÑA DE LA FRAGUA

DNI: 78944574-H

FDO.:

FECHA: 12/06/2015

DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA

NOMBRE: IRANTZU

APELLIDOS: URIARTE GALLASTEGUI

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA

FDO.:

FECHA: 12/06/2015

ÍNDICE

3.1. PÓRTICOS CENTRALES.....	2
3.1.1. Pilar Nave.....	2
3.1.2. Pilar Tejavana.....	45
3.1.3. Dintel Nave.....	57
3.1.4. Dintel Tejavana.....	75
3.1.5. Ménsula.....	85
3.2. PÓRTICOS HASTIALES.....	93
3.2.1. Pilar Nave.....	93
3.2.2. Pilar Tejavana.....	220
3.2.3. Dintel Nave.....	242
3.2.4. Dintel Tejavana.....	284
3.3. PILARILLOS.....	306
3.3.1. Pilar Nave.....	306
3.3.2. Pilar Tejavana.....	324
3.4. ESTRUCTURA SECUNDARIA.....	334
3.5. ARRIOSTRAMIENTOS.....	359

COMPROBACIONES DE ESTADOS LÍMITE DE TODAS LAS BARRAS

3.1 PORTICOS CENTRALES:

3.1.1 PILARES NAVE

Pilar derecho parte inferior

Perfil: HE 360 A, Simple con cartelas Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾				
		Inicia l	Final l	Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)
N19	N79	6.500	142.80	33090.00	7887.00	148.80
Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N19) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	0.86	0.00	0.00		
L _K	0.000	5.590	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.

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

$\bar{\lambda}$: **0.42**



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.

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

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

Clase : 2

A : 142.80 cm²

f_y : 2701.33 kp/cm²

N_{cr} : 2237.295 t

N_{cr,y} : 2237.295 t

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

$$N_{cr,z} : \underline{\hspace{2cm}} \infty$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\hspace{2cm}} \infty$$

Donde:

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

$$I_y : \underline{\hspace{2cm}} 33090.00 \quad \text{cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{\hspace{2cm}} 7887.00 \quad \text{cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{\hspace{2cm}} 148.80 \quad \text{cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{\hspace{2cm}} 2177000.00 \quad \text{cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{\hspace{2cm}} 2140673 \quad \text{kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{\hspace{2cm}} 825688 \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$L_{ky} : \underline{\hspace{2cm}} 5.590 \quad \text{m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{\hspace{2cm}} 0.000 \quad \text{m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{\hspace{2cm}} 0.000 \quad \text{m}$$

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

$$i_o : \underline{\hspace{2cm}} 16.94 \quad \text{cm}$$

Siendo:

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

$$i_y : \underline{\hspace{2cm}} 15.22 \quad \text{cm}$$

$$i_z : \underline{\hspace{2cm}} 7.43 \quad \text{cm}$$

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

$$y_o : \underline{\hspace{2cm}} 0.00 \quad \text{mm}$$

$$z_o : \underline{\hspace{2cm}} 0.00 \quad \text{mm}$$

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:

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

$$31.50 \leq 184.15$$



Donde:

h_w: Altura del alma.

$$h_w : \underline{\hspace{2cm}} 315.00 \quad \text{mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\hspace{2cm}} 10.00 \quad \text{mm}$$

A_w: Área del alma.
A_{fc,ef}: Área reducida del ala comprimida.
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.
E: Módulo de elasticidad.
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.
Siendo:

A_w	:	<u>31.50</u>	cm ²
A_{fc,ef}	:	<u>52.50</u>	cm ²
k	:	<u>0.30</u>	
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf}	:	<u>2701.33</u>	kp/cm ²

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 : **0.019**



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.874 m del nudo N19, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 6.998 t

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

N_{t,Rd} : 367.380 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 142.80 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

Siendo:

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

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 1.05

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 : **0.042**



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

η : **0.046**



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N19, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

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

N_{c,Ed} : 15.510 t

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

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.

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

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

Siendo:

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

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

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

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

Donde:

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

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

Siendo:

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

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

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

Siendo:

α : Coeficiente de imperfección elástica.

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

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

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

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{\underline{367.380}} \quad t$$

$$Clase : \underline{\underline{2}}$$

$$A : \underline{\underline{142.80}} \quad cm^2$$

$$f_{yd} : \underline{\underline{2572.69}} \quad kp/cm^2$$

$$f_y : \underline{\underline{2701.33}} \quad kp/cm^2$$

$$\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{\underline{337.984}} \quad t$$

$$A : \underline{\underline{142.80}} \quad cm^2$$

$$f_{yd} : \underline{\underline{2572.69}} \quad kp/cm^2$$

$$f_y : \underline{\underline{2701.33}} \quad kp/cm^2$$

$$\gamma_{M1} : \underline{\underline{1.05}}$$

$$\chi_y : \underline{\underline{0.92}}$$

$$\phi_y : \underline{\underline{0.62}}$$

$$\alpha_y : \underline{\underline{0.34}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{\underline{0.42}}$$

$$N_{cr} : \underline{\underline{2237.295}} \quad t$$

$$N_{cr,y} : \underline{\underline{2237.295}} \quad t$$

$$N_{cr,z} : \underline{\underline{\infty}}$$

$$N_{cr,T} : \underline{\underline{\infty}}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.541$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N19, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 29.088 \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N19, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(180°)H1.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 16.223 \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : 53.718 \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : 1$$

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

$$W_{pl,y} : 2088.00 \quad \text{cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2572.69 \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : 2701.33 \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : 1.05$$

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:

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

$$\eta : 0.078$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N19, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 1.605 \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N19, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed} : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed} : \underline{1.590} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{20.641} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

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

$$W_{pl,z} : \underline{802.30} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.163}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.876 m del nudo N19, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{8.454} \quad \text{t}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{51.987} \quad \text{t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{35.00} \quad \text{cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{350.00} \quad \text{mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{10.00} \quad \text{mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

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:

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

$$31.50 < 65.92$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{31.50}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.94}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.001}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.201} \text{ t}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{165.319} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{111.30} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{142.80} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{315.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{10.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 1.05

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{7.891} \leq \mathbf{25.994}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

V_{Ed} : 7.891 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 51.987 t

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{0.201} \leq \mathbf{82.659}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$.

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

V_{Ed} : 0.201 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 165.319 t

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.583} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.592} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.370} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N19, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

Donde:

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

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

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.

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

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

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

A: Área de la sección bruta.

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

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

Siendo:

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

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

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

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

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

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

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

$N_{c,Ed}$:	<u>14.998</u>	t
$M_{y,Ed}^+$:	<u>29.088</u>	t·m
$M_{z,Ed}^-$:	<u>0.018</u>	t·m
Clase	:	<u>1</u>	
$N_{pl,Rd}$:	<u>367.380</u>	t
$M_{pl,Rd,y}$:	<u>53.718</u>	t·m
$M_{pl,Rd,z}$:	<u>20.641</u>	t·m
A	:	<u>142.80</u>	cm ²
$W_{pl,y}$:	<u>2088.00</u>	cm ³
$W_{pl,z}$:	<u>802.30</u>	cm ³
f_{yd}	:	<u>2572.69</u>	kp/cm ²
f_y	:	<u>2701.33</u>	kp/cm ²
γ_{M1}	:	<u>1.05</u>	
k_y	:	<u>1.01</u>	
k_z	:	<u>1.00</u>	
$C_{m,y}$:	<u>1.00</u>	
$C_{m,z}$:	<u>1.00</u>	
χ_y	:	<u>0.92</u>	
χ_z	:	<u>1.00</u>	
$\bar{\lambda}_y$:	<u>0.42</u>	
$\bar{\lambda}_z$:	<u>0.00</u>	
α_y	:	<u>0.60</u>	
α_z	:	<u>0.60</u>	

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$7.891 \leq 25.991$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{7.891} \quad t$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z}$: 51.983 t

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·G+1.5·Q2.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.000 t·m

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

$M_{T,Rd}$: 1.263 t·m

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 85.03 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

Siendo:

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

f_y : 2701.33 kp/cm²

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 : 0.034



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q+1.5·Q2.

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

V_{Ed} : 1.743 t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.000 t·m

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

$V_{pl,T,Rd}$: 51.983 t

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$: 51.987 t

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

$\tau_{T,Ed}$: 0.30 kp/cm²

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

W_T : $\frac{85.03}{}$ cm³
 f_{yd} : $\frac{2572.69}{}$ kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : $\frac{2701.33}{}$ kp/cm²
 γ_{Mo} : $\frac{1.05}{}$

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·G+1.5·Q+1.5·Q2.

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

V_{Ed} : $\frac{0.014}{}$ t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: $\frac{0.000}{}$ t·m

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

$V_{pl,T,Rd}$: $\frac{165.306}{}$ t

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$: $\frac{165.319}{}$ t

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

$\tau_{T,Ed}$: $\frac{0.30}{}$ kp/cm²

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

W_T : $\frac{85.03}{}$ cm³
 f_{yd} : $\frac{2572.69}{}$ kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : $\frac{2701.33}{}$ kp/cm²
 γ_{Mo} : $\frac{1.05}{}$

Pilar derecho parte superior

Perfil: HE 360 A, Simple con cartelas
Material: Acero (S275)

Perfil: HE 360 A, Simple con cartelas Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾				
		Inicia l	Final l	Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)
N79	N20	1.500	142.80	33090.00	7887.00	148.80
Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N79) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	3.73	0.00	0.00		
L _K	0.000	5.595	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.

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

$\bar{\lambda}$: **0.42**



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.

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

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

Clase : 2

A : 142.80 cm²

f_y : 2701.33 kp/cm²

N_{cr} : 2233.298 t

N_{cr,y} : 2233.298 t

N_{cr,z} : ∞

N_{cr,T} : ∞

Donde:

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

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

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_w: Constante de alabeo de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

G: Módulo de elasticidad transversal.

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

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

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

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

I_y	:	<u>33090.00</u>	cm ⁴
I_z	:	<u>7887.00</u>	cm ⁴
I_t	:	<u>148.80</u>	cm ⁴
I_w	:	<u>2177000.00</u>	cm ⁶
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
G	:	<u>825688</u>	kp/cm ²
L_{ky}	:	<u>5.595</u>	m
L_{kz}	:	<u>0.000</u>	m
L_{kt}	:	<u>0.000</u>	m
i_o	:	<u>16.94</u>	cm

Siendo:

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

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

i_y	:	<u>15.22</u>	cm
i_z	:	<u>7.43</u>	cm
y_o	:	<u>0.00</u>	mm
z_o	:	<u>0.00</u>	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:

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

31.50 ≤ 184.15



Donde:

h_w: Altura del alma.

t_w: Espesor del alma.

A_w: Área del alma.

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

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

E: Módulo de elasticidad.

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

Siendo:

h_w	:	<u>315.00</u>	mm
t_w	:	<u>10.00</u>	mm
A_w	:	<u>31.50</u>	cm ²
A_{fc,ef}	:	<u>52.50</u>	cm ²
k	:	<u>0.30</u>	
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf}	:	<u>2701.33</u>	kp/cm ²

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.020}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.025 m del nudo N79, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{7.296} \quad \text{t}$$

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

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{367.380} \quad \text{t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{142.80} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$\mathbf{f}_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{Mo} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.038}$$



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

$$\eta : \underline{0.041}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N79, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

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

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{13.979} \quad \text{t}$$

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

$$\mathbf{N}_{c,Rd} : \underline{367.380} \quad \text{t}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \underline{2}$$

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

$$\mathbf{A} : \underline{142.80} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

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

$$N_{b,Rd} : \underline{337.929} \text{ t}$$

Donde:

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

$$A : \underline{142.80} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.92}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.62}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.42}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{2233.298} \text{ t}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{2233.298} \text{ t}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.609}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.027 m del nudo N79, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{15.388} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.027 m del nudo N79, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{32.735} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{53.718} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{2088.00} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

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

$$\eta : \underline{0.013}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N79, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.266} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N79, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.263} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{20.641} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

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

$$W_{pl,z} : \underline{802.30} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.176} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.027 m del nudo N79, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \underline{9.167} \quad \text{t}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{51.987} \quad \text{t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{35.00} \quad \text{cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{350.00} \quad \text{mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{10.00} \quad \text{mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

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

$$31.50 < 65.92$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 31.50

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 65.92

ε : Factor de reducción. ε : 0.94

Siendo:


f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2701.33 kp/cm²

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 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.201 t

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

$V_{c,Rd}$: 165.319 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 111.30 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. A : 142.80 cm²

d : Altura del alma. d : 315.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 10.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2701.33 kp/cm²

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

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

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

$$8.454 \leq 25.994$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \frac{8.454}{t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{51.987}{t}$$

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

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

$$0.201 \leq 82.659$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

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

$$V_{Ed} : \frac{0.201}{t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{165.319}{t}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.646 \quad \checkmark$$

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

$$\eta : 0.654 \quad \checkmark$$

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

$$\eta : 0.405 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.027 m del nudo N79, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \frac{13.263}{t}$$

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

$$M_{y,Ed} : \frac{32.735}{t \cdot m}$$

$$M_{z,Ed} : \frac{0.001}{t \cdot m}$$

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.

$$\text{Clase} : 1$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \frac{367.380}{t}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{53.718} \quad t \cdot m$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{20.641} \quad t \cdot m$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{142.80} \quad cm^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{2088.00} \quad cm^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{802.30} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad kp/cm^2$$

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

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

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

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

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

$$\chi_y : \underline{0.92}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.42}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.00}$$

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

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$8.454 \leq 25.991$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{8.454} \quad t$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{51.983} \quad t$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta < 0.001$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·Q2.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{T,Rd} : \underline{1.263} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{85.03} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.022}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q+1.5·Q2.

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

$$V_{Ed} : \underline{1.167} \quad \text{t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{51.983} \quad \text{t}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{51.987} \quad \text{t}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.30} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{85.03} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta < \underline{\underline{0.001}}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot Q2$.

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

$$V_{Ed} : \underline{\underline{0.014}} \quad t$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{\underline{0.000}} \quad t \cdot m$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{\underline{165.306}} \quad t$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{\underline{165.319}} \quad t$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{\underline{0.30}} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{\underline{85.03}} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{2572.69}} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{\underline{2701.33}} \quad kp/cm^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$$

Pilar izquierdo parte inferior

Perfil: HE 360 A, Simple con cartelas
Material: Acero (S275)

Perfil: HE 360 A, Simple con cartelas Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾				
		Inicia l	Final l	Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)
N24	N71	6.500	142.80	33090.00	7887.00	148.80
Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N24) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	0.86	0.00	0.00		
L _K	0.000	5.590	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.

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

$\bar{\lambda}$: **0.42**



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.

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

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

Clase : 2

A : 142.80 cm²

f_y : 2701.33 kp/cm²

N_{cr} : 2237.295 t

N_{cr,y} : 2237.295 t

N_{cr,z} : ∞

N_{cr,T} : ∞

Donde:

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

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

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_w: Constante de alabeo de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

G: Módulo de elasticidad transversal.

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

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

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

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

I_y	:	<u>33090.00</u>	cm ⁴
I_z	:	<u>7887.00</u>	cm ⁴
I_t	:	<u>148.80</u>	cm ⁴
I_w	:	<u>2177000.00</u>	cm ⁶
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
G	:	<u>825688</u>	kp/cm ²
L_{ky}	:	<u>5.590</u>	m
L_{kz}	:	<u>0.000</u>	m
L_{kt}	:	<u>0.000</u>	m
i_o	:	<u>16.94</u>	cm

Siendo:

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

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

i_y	:	<u>15.22</u>	cm
i_z	:	<u>7.43</u>	cm
y_o	:	<u>0.00</u>	mm
z_o	:	<u>0.00</u>	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:

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

$$31.50 \leq 184.15$$



Donde:

h_w: Altura del alma.

t_w: Espesor del alma.

A_w: Área del alma.

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

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

E: Módulo de elasticidad.

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

Siendo:

h_w	:	<u>315.00</u>	mm
t_w	:	<u>10.00</u>	mm
A_w	:	<u>31.50</u>	cm ²
A_{fc,ef}	:	<u>52.50</u>	cm ²
k	:	<u>0.30</u>	
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf}	:	<u>2701.33</u>	kp/cm ²

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.032}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.875 m del nudo N24, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{11.667} \quad \text{t}$$

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

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{367.380} \quad \text{t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{142.80} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$\mathbf{f}_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{Mo} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.061}$$



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

$$\eta : \underline{0.067}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

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

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{22.483} \quad \text{t}$$

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

$$\mathbf{N}_{c,Rd} : \underline{367.380} \quad \text{t}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \underline{2}$$

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

$$\mathbf{A} : \underline{142.80} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{337.984} \quad \text{t}$$

Donde:

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

$$A : \underline{142.80} \quad \text{cm}^2$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

 χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.92}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.62}$$

 α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.42}$$

 N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{2237.295} \quad \text{t}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{2237.295} \quad \text{t}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.230}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{4.573} \quad t \cdot m$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(R)1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{12.369} \quad t \cdot m$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{53.718} \quad t \cdot m$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{2088.00} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad kp/cm^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

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:

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

$$\eta : \underline{0.077}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.573} \quad t \cdot m$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N24, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.581} \quad t \cdot m$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{20.641} \quad t \cdot m$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra

$$W_{pl,z} : \underline{802.30} \quad cm^3$$

con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.068}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{3.534} \quad \text{t}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{51.987} \quad \text{t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{35.00} \quad \text{cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{350.00} \quad \text{mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{10.00} \quad \text{mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

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

$$31.50 < 65.92$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{31.50}$$

$\lambda_{\text{máx}}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{\text{máx}}$: 65.92

ε : Factor de reducción. ε : 0.94


Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²
 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2701.33 kp/cm²

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

Se debe satisfacer:

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

η : **0.001** 

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.198 t

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

$V_{\text{c,Rd}}$: 165.319 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 111.30 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. A : 142.80 cm²

d : Altura del alma. d : 315.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 10.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2701.33 kp/cm²

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

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{\text{c,Rd}}$.

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

3.534 ≤ **25.994**

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^simos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p ^s imo.	V_{Ed}	:	<u>3.534</u>	t
V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd}	:	<u>51.987</u>	t

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 p^simo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{0.198} \leq \mathbf{82.659}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^simos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p ^s imo.	V_{Ed}	:	<u>0.198</u>	t
V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd}	:	<u>165.319</u>	t

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.283} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.291} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.195} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^simos se producen en el nudo N24, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo p ^s imo.	N_{c,Ed}	:	<u>20.744</u>	t
M_{y,Ed} , M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo p ^s imos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed}	:	<u>12.180</u>	t·m
	M_{z,Ed}	:	<u>0.004</u>	t·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	:	<u>1</u>	
N_{pl,Rd} : Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd}	:	<u>367.380</u>	t
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}	:	<u>53.718</u>	t·m
	M_{pl,Rd,z}	:	<u>20.641</u>	t·m

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

A: Área de la sección bruta.

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

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

A	:	<u>142.80</u>	cm ²
W_{pl,y}	:	<u>2088.00</u>	cm ³
W_{pl,z}	:	<u>802.30</u>	cm ³
f_{yd}	:	<u>2572.69</u>	kp/cm ²

Siendo:

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

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

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

f_y	:	<u>2701.33</u>	kp/cm ²
γ_{M1}	:	<u>1.05</u>	
k_y	:	<u>1.01</u>	
k_z	:	<u>1.00</u>	

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

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

λ̄_y, λ̄_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

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

C_{m,y}	:	<u>1.00</u>	
C_{m,z}	:	<u>1.00</u>	
χ_y	:	<u>0.92</u>	
χ_z	:	<u>1.00</u>	
λ̄_y	:	<u>0.42</u>	
λ̄_z	:	<u>0.00</u>	
α_y	:	<u>0.60</u>	
α_z	:	<u>0.60</u>	

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 **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 3.534 \leq 25.994$$

Donde:

V_{Ed,z}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{c,Rd,z}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

V_{Ed,z}	:	<u>3.534</u>	t
V_{c,Rd,z}	:	<u>51.987</u>	t

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1 \quad \eta < 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{T,Rd} : \underline{1.263} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{85.03} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.007}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.359} \quad \text{t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{51.983} \quad \text{t}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{51.987} \quad \text{t}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.28} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{85.03} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.001$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$$V_{Ed} : 0.198 \quad t$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.000 \quad t \cdot m$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : 165.306 \quad t$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : 165.319 \quad t$$

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

$$\tau_{T,Ed} : 0.28 \quad kp/cm^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : 85.03 \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2572.69 \quad kp/cm^2$$

Siendo:

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

$$f_y : 2701.33 \quad kp/cm^2$$

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

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Pilar derecho parte superior

Perfil: HE 360 A, Simple con cartelas
Material: Acero (S275)

Perfil: HE 360 A, Simple con cartelas Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾				
		Inicia l	Final l	Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)
N71	N25	1.500	142.80	33090.00	7887.00	148.80
Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N71) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	3.73	0.00	0.00		
L _K	0.000	5.595	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.

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

$\bar{\lambda}$: **0.42**



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.

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

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

Clase : 2

A : 142.80 cm²

f_y : 2701.33 kp/cm²

N_{cr} : 2233.298 t

N_{cr,y} : 2233.298 t

N_{cr,z} : ∞

N_{cr,T} : ∞

Donde:

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

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

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_w: Constante de alabeo de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

G: Módulo de elasticidad transversal.

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

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

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

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

I_y	:	<u>33090.00</u>	cm ⁴
I_z	:	<u>7887.00</u>	cm ⁴
I_t	:	<u>148.80</u>	cm ⁴
I_w	:	<u>2177000.00</u>	cm ⁶
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
G	:	<u>825688</u>	kp/cm ²
L_{ky}	:	<u>5.595</u>	m
L_{kz}	:	<u>0.000</u>	m
L_{kt}	:	<u>0.000</u>	m
i_o	:	<u>16.94</u>	cm

Siendo:

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

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

i_y	:	<u>15.22</u>	cm
i_z	:	<u>7.43</u>	cm
y_o	:	<u>0.00</u>	mm
z_o	:	<u>0.00</u>	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:

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

$$31.50 \leq 184.15$$



Donde:

h_w: Altura del alma.

t_w: Espesor del alma.

A_w: Área del alma.

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

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

E: Módulo de elasticidad.

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

Siendo:

h_w	:	<u>315.00</u>	mm
t_w	:	<u>10.00</u>	mm
A_w	:	<u>31.50</u>	cm ²
A_{fc,ef}	:	<u>52.50</u>	cm ²
k	:	<u>0.30</u>	
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf}	:	<u>2701.33</u>	kp/cm ²

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.032}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.010 m del nudo N71, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{11.876} \quad \text{t}$$

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

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{367.380} \quad \text{t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{142.80} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$\mathbf{f}_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{Mo} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.058}$$



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

$$\eta : \underline{0.063}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N71, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

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

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{21.367} \quad \text{t}$$

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

$$\mathbf{N}_{c,Rd} : \underline{367.380} \quad \text{t}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \underline{2}$$

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

$$\mathbf{A} : \underline{142.80} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

f_y : 2701.33 kp/cm²

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 $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd}$: 337.929 t

Donde:

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

A : 142.80 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

Siendo:

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

f_y : 2701.33 kp/cm²

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

γ_{M1} : 1.05

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : 0.92

Siendo:

ϕ_y : 0.62

α : Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.34

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

$\bar{\lambda}_y$: 0.42

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 2233.298 t

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

$N_{cr,y}$: 2233.298 t

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

$N_{cr,z}$: ∞

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

$N_{cr,T}$: ∞

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 : 0.267



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.011 m del nudo N71, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{14.343} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.011 m del nudo N71, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{4.936} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{53.718} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{2088.00} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

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

$$\eta : \underline{0.013}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N71, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.260} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N71, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.262} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{20.641} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

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

$$W_{pl,z} : \underline{802.30} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.068}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{3.534} \quad \text{t}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{51.987} \quad \text{t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{35.00} \quad \text{cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{350.00} \quad \text{mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{10.00} \quad \text{mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

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

$$31.50 < 65.92$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{31.50}$$

$\lambda_{\text{máx}}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{\text{máx}}$: 65.92

ε : Factor de reducción. ε : 0.94

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2701.33 kp/cm²

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.001



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.198 t

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

$V_{\text{c,Rd}}$: 165.319 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 111.30 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. A : 142.80 cm²

d : Altura del alma. d : 315.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 10.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2701.33 kp/cm²

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

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{\text{c,Rd}}$.

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

$$3.534 \leq 25.994$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \frac{3.534}{t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{51.987}{t}$$

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

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

$$0.198 \leq 82.659$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H1.

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

$$V_{Ed} : \frac{0.198}{t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{165.319}{t}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.320 \quad \checkmark$$

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

$$\eta : 0.328 \quad \checkmark$$

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

$$\eta : 0.215 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.011 m del nudo N71, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \frac{19.502}{t}$$

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

$$M_{y,Ed}^+ : \frac{14.343}{t \cdot m}$$

$$M_{z,Ed}^- : \frac{0.000}{t \cdot m}$$

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.

$$\text{Clase} : 1$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \frac{367.380}{t}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{53.718} \quad t \cdot m$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{20.641} \quad t \cdot m$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{142.80} \quad cm^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{2088.00} \quad cm^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{802.30} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad kp/cm^2$$

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

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

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

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

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

$$\chi_y : \underline{0.92}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

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

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.42}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.00}$$

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

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$3.534 \leq 25.994$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{3.534} \quad t$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{51.987} \quad t$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta < 0.001$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{T,Rd} : \underline{1.263} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{85.03} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.007}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.359} \quad \text{t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{51.983} \quad \text{t}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{51.987} \quad \text{t}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.28} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{85.03} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{\underline{1.05}}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{\underline{0.001}}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$$V_{Ed} : \underline{\underline{0.198}} \quad t$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{\underline{0.000}} \quad t \cdot m$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{\underline{165.306}} \quad t$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{\underline{165.319}} \quad t$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{\underline{0.28}} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{\underline{85.03}} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{2572.69}} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

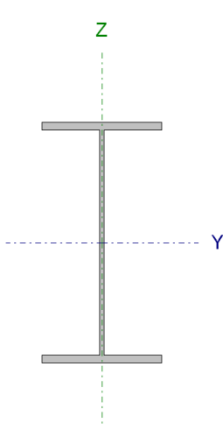
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{2701.33}} \quad kp/cm^2$$

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{\underline{1.05}}$$

3.1.2 PILAR TEJAVANA

Perfil: IPE 300, Simple con cartelas Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)
	N22	N23	4.950	53.80	8356.00	603.80	20.12
Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N22) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	β		0.00	1.00	0.00	0.00	
	L _K		0.000	4.950	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							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)										
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z
N22/N23	$\bar{\lambda} < 2.0$	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$	x: 4.51 m η = 3.3	x: 0 m η = 7.1	x: 4.51 m η = 74.3	x: 0 m η = 3.3	x: 4.51 m η = 15.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 4.51 m η = 82.3
Notación: λ: Limitación de esbeltez λ _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _y V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _z V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)											

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.

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

$\bar{\lambda}$:

0.45

✓

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.

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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

Clase : 4

A_{ef} : 52.70 cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : 720.507 t

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

$$N_{cr,y} : \underline{720.507} \quad t$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

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

$$I_y : \underline{8356.00} \quad \text{cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{603.80} \quad \text{cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{20.12} \quad \text{cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{125900.00} \quad \text{cm}^6$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \quad \text{kp/cm}^2$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$L_{ky} : \underline{4.950} \quad \text{m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{0.000} \quad \text{m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{0.000} \quad \text{m}$$

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

$$i_o : \underline{12.91} \quad \text{cm}$$

Siendo:

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

$$i_y : \underline{12.46} \quad \text{cm}$$

$$i_z : \underline{3.35} \quad \text{cm}$$

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

$$y_o : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

$$z_o : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

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:

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

$$39.24 \leq 254.33$$



Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{278.60} \quad \text{mm}$$

t_w : Espesor del alma.
 A_w : Área del alma.
 $A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.
 k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.
 E : Módulo de elasticidad.
 f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.
 Siendo:

t_w	:	<u>7.10</u>	mm
A_w	:	<u>19.78</u>	cm ²
$A_{fc,ef}$:	<u>16.05</u>	cm ²
k	:	<u>0.30</u>	
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf}	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²

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 : **0.033**



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.506 m del nudo N22, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

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

$N_{t,Ed}$: 4.691 t

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

$N_{t,Rd}$: 143.634 t

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 53.80 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M0} : 1.05

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 : **0.067**



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

η : **0.071**



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

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

$N_{c,Ed}$: 9.421 t

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

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.

A_{ef} : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

Siendo:

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

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

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

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

Donde:

A_{ef} : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

Siendo:

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

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

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

Siendo:

α : Coeficiente de imperfección elástica.

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

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

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

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

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

$$N_{c,Rd} : \underline{140.687} \quad t$$

$$Clase : \underline{4}$$

$$A_{ef} : \underline{52.70} \quad cm^2$$

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad kp/cm^2$$

$$f_y : \underline{2803.26} \quad kp/cm^2$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{132.009} \quad t$$

$$A_{ef} : \underline{52.70} \quad cm^2$$

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad kp/cm^2$$

$$f_y : \underline{2803.26} \quad kp/cm^2$$

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$$\chi_y : \underline{0.94}$$

$$\phi_y : \underline{0.63}$$

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.45}$$

$$N_{cr} : \underline{720.507} \quad t$$

$$N_{cr,y} : \underline{720.507} \quad t$$

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.743$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.506 m del nudo N22, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 12.471 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.506 m del nudo N22, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 4.894 \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : 16.777 \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : 1$$

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

$$W_{pl,y} : 628.40 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : 1.05$$

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:

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

$$\eta : 0.033$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N22, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 0.109 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N22, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

M_{Ed} : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed} : \underline{0.109} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{3.343} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

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

$$W_{pl,z} : \underline{125.20} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.159} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.506 m del nudo N22, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$V_{Ed} : \underline{5.232} \quad \text{t}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{32.832} \quad \text{t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{21.30} \quad \text{cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{300.00} \quad \text{mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.10} \quad \text{mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 39.24 < 64.71$$

Donde:

$$\lambda_w: \text{Esbeltez del alma.} \quad \lambda_w : \underline{39.24}$$

$$\lambda_{\text{máx}}: \text{Esbeltez máxima.} \quad \lambda_{\text{máx}} : \underline{64.71}$$

$$\varepsilon: \text{Factor de reducción.} \quad \varepsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

$$f_{\text{ref}}: \text{Límite elástico de referencia.} \quad f_{\text{ref}} : \underline{2395.51} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{\text{Ed}}}{V_{\text{c,Rd}}} \leq 1 \quad \eta < 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

$$V_{\text{Ed}}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{\text{Ed}} : \underline{0.022} \quad \text{t}$$

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

$$V_{\text{c,Rd}} : \underline{52.437} \quad \text{t}$$

Donde:

$$A_v: \text{Área transversal a cortante.} \quad A_v : \underline{34.02} \quad \text{cm}^2$$

Siendo:

$$A: \text{Área de la sección bruta.} \quad A : \underline{53.80} \quad \text{cm}^2$$

$$d: \text{Altura del alma.} \quad d : \underline{278.60} \quad \text{mm}$$

$$t_w: \text{Espesor del alma.} \quad t_w : \underline{7.10} \quad \text{mm}$$

$$f_{y,d}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{y,d} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 4.854 \leq 16.416$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(180^\circ)H3 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{4.854} \quad t$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{32.832} \quad t$$

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.022 \leq 26.219$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{0.022} \quad t$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{52.437} \quad t$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.805} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.821} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.515} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.506 m del nudo N22, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

Donde:

$$N_{c,Ed}: \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{c,Ed} : \underline{8.798} \quad t$$

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

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.

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

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

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

A: Área de la sección bruta.

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

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

Siendo:

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

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

k_y, k_z : Coeficientes de interacción.

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

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

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

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

$M_{y,Ed}^+$:	<u>12.471</u>	t·m
$M_{z,Ed}^+$:	<u>0.000</u>	t·m
Clase	:	<u>1</u>	
$N_{pl,Rd}$:	<u>143.634</u>	t
$M_{pl,Rd,y}$:	<u>16.777</u>	t·m
$M_{pl,Rd,z}$:	<u>3.343</u>	t·m
A	:	<u>53.80</u>	cm ²
$W_{pl,y}$:	<u>628.40</u>	cm ³
$W_{pl,z}$:	<u>125.20</u>	cm ³
f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²
f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{M1}	:	<u>1.05</u>	
k_y	:	<u>1.02</u>	
k_z	:	<u>1.00</u>	
$C_{m,y}$:	<u>1.00</u>	
$C_{m,z}$:	<u>1.00</u>	
χ_y	:	<u>0.94</u>	
χ_z	:	<u>1.00</u>	
$\bar{\lambda}_y$:	<u>0.46</u>	
$\bar{\lambda}_z$:	<u>0.00</u>	
α_y	:	<u>0.60</u>	
α_z	:	<u>0.60</u>	

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(180^\circ)H3 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad \mathbf{4.854} \leq \mathbf{16.416}$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{Ed,z}$:	<u>4.854</u>	t
$V_{c,Rd,z}$:	<u>32.832</u>	t

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.001}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{T,Rd} : \underline{0.290} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{18.80} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.088}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N22, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

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

$$V_{Ed} : \underline{2.895} \quad \text{t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{32.822} \quad \text{t}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{32.832} \quad \text{t}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{1.08} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{18.80} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{\underline{2669.77}}$ kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{\underline{2803.26}}$ kp/cm²

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{MO} : \underline{\underline{1.05}}$

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta < \underline{\underline{0.001}}$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{\underline{0.022}}$ t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : \underline{\underline{0.000}}$ t·m

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

$V_{pl,T,Rd} : \underline{\underline{52.423}}$ t

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd} : \underline{\underline{52.437}}$ t

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : \underline{\underline{1.08}}$ kp/cm²

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : \underline{\underline{18.80}}$ cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{\underline{2669.77}}$ kp/cm²

Siendo:

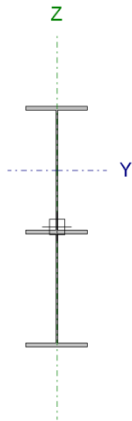
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{\underline{2803.26}}$ kp/cm²

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{MO} : \underline{\underline{1.05}}$

3.1.3 DINTEL NAVE

Dintel derecho

Perfil: IPE 330, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 2.00 m. Cartela final inferior: 1.00 m.) Material: Acero (S275)									
Nudos			Características mecánicas ⁽¹⁾						
Inicial	Final	Longitud (m)	Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)	Y _q ⁽⁴⁾ (m)	Z _q ⁽⁴⁾ (mm)	
N20	N21	10.318	101.98	48828.25	1181.62	40.19	0.00	145.60	
Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N20) Inercia respecto al eje indicado Momento de inercia a torsión uniforme ⁽⁴⁾ Coordenadas del centro de gravedad									
		Pandeo			Pandeo lateral				
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.		Ala inf.			
β		0.14	1.00	0.00		0.00			
L _K		1.444	10.318	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.

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

$\bar{\lambda}$: 0.85



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.

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

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

Clase : 4

A_{ef} : 60.78 cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : 233.601 t

N_{cr,y} : 233.601 t

N_{cr,z} : 798.037 t

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \infty$$

Donde:

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

$$I_y : \underline{11770.00} \quad \text{cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{788.10} \quad \text{cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{28.15} \quad \text{cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{199100.00} \quad \text{cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \quad \text{kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$L_{ky} : \underline{10.318} \quad \text{m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{1.444} \quad \text{m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{0.000} \quad \text{m}$$

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

$$i_o : \underline{14.16} \quad \text{cm}$$

Siendo:

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

$$i_y : \underline{13.71} \quad \text{cm}$$

$$i_z : \underline{3.55} \quad \text{cm}$$

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

$$y_o : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

$$z_o : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

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:

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

$$70.61 \leq 336.59$$



Donde:

h_w: Altura del alma.

$$h_w : \underline{529.59} \quad \text{mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.50} \quad \text{mm}$$

A_w: Área del alma.

$$A_w : \underline{39.72} \quad \text{cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : \underline{18.40} \quad \text{cm}^2$$

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

$$k : \underline{0.30}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$f_{yf} : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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 : **0.054**



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 9.319 m del nudo N20, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 9.068 t

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

N_{t,Rd} : 167.128 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 62.60 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 1.05

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 : **0.074**



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

η : **0.098**



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.180 m del nudo N20, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

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

N_{c,Ed} : 12.079 t

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

N_{c,Rd} : 162.256 t

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de

Clase : 4

deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{aligned} \mathbf{A}_{ef} &: \underline{60.78} && \text{cm}^2 \\ \mathbf{f}_{yd} &: \underline{2669.77} && \text{kp/cm}^2 \end{aligned}$$

Siendo:

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

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

$$\begin{aligned} \mathbf{f}_y &: \underline{2803.26} && \text{kp/cm}^2 \\ \mathbf{\gamma}_{M0} &: \underline{1.05} \end{aligned}$$

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

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

$$\mathbf{N}_{b,Rd} : \underline{123.872} \quad \text{t}$$

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{aligned} \mathbf{A}_{ef} &: \underline{60.78} && \text{cm}^2 \\ \mathbf{f}_{yd} &: \underline{2669.77} && \text{kp/cm}^2 \end{aligned}$$

Siendo:

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

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

$$\begin{aligned} \mathbf{f}_y &: \underline{2803.26} && \text{kp/cm}^2 \\ \mathbf{\gamma}_{M1} &: \underline{1.05} \end{aligned}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.76}$$

$$\chi_z : \underline{0.90}$$

Siendo:

α: Coeficiente de imperfección elástica.

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\phi_y : \underline{0.93}$$

$$\phi_z : \underline{0.65}$$

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.85}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.46}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{233.601} \quad \text{t}$$

$$\mathbf{N}_{cr,y} : \underline{233.601} \quad \text{t}$$

$$\mathbf{N}_{cr,z} : \underline{798.037} \quad \text{t}$$

$$\mathbf{N}_{cr,T} : \underline{\infty}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.777$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.182 m del nudo N20, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 8.427 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.182 m del nudo N20, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 16.679 \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : 21.473 \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : 1$$

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

$$W_{pl,y} : 804.30 \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

γ_{MO}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : 1.05$$

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:

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

$$\eta < 0.001$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 9.319 m del nudo N20, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H2.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 0.000 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 9.319 m del nudo N20, para la combinación de acciones 0.8·G+0.9·V(180°)H3+1.5·N(R)1.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.000 \text{ t}\cdot\text{m}$$

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

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.

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

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

Siendo:

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

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

M_{c,Rd} : 4.103 t·m

Clase : 1

W_{pl,z} : 153.70 cm³

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

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 : **0.209**



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.182 m del nudo N20, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

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

V_{Ed} : 7.965 t

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

V_{c,Rd} : 38.150 t

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

A_v : 24.75 cm²

Siendo:

h: Canto de la sección.

h : 330.00 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 7.50 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{40.93} < \mathbf{64.71}$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 40.93

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ε : Factor de reducción. ε : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{10.109} \leq \mathbf{37.383}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180)H4+1.5·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 10.109 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 74.765 t

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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.842} \quad \checkmark$$

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

η : **0.909** ✓

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

η : **0.566** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.182 m del nudo N20, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

Donde:

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

N_{c,Ed} : 10.978 t

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

M_{y,Ed} : 16.679 t·m

M_{z,Ed} : 0.000 t·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 compresión de la sección bruta.

N_{pl,Rd} : 167.128 t

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} : 21.473 t·m

M_{pl,Rd,z} : 4.103 t·m

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

A: Área de la sección bruta.

A : 62.60 cm²

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

W_{pl,y} : 804.30 cm³

W_{pl,z} : 153.70 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M1} : 1.05

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : 1.06

k_z : 1.02

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

C_{m,y} : 1.00

C_{m,z} : 1.00

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

χ_y : 0.76

χ_z : 0.90

λ̄_y, λ̄_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

λ̄_y : 0.87

λ̄_z : 0.47

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$10.109 \leq 37.383$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{10.109}{t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{74.765}{t}$$

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.

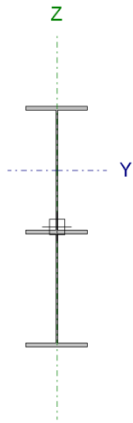
Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Dintel izquierdo

Perfil: IPE 330, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 2.00 m. Cartela final inferior: 1.00 m.)
Material: Acero (S275)

Perfil: IPE 330, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 2.00 m. Cartela final inferior: 1.00 m.) Material: Acero (S275)									
Nodos			Características mecánicas ⁽¹⁾						
Inicial	Final	Longitud (m)	Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽⁴⁾ (m)	z _g ⁽⁴⁾ (mm)	
N25	N28	10.318	101.98	48828.25	1181.62	40.19	0.00	145.60	
Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N25) Inercia respecto al eje indicado Momento de inercia a torsión uniforme ⁽⁴⁾ Coordenadas del centro de gravedad									
		Pandeo			Pandeo lateral				
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.				
β		0.14	1.00	0.00	0.00				
L _K		1.444	10.318	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.

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

$\bar{\lambda}$: 0.85



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.

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

Clase : 4

A_{ef} : 60.78 cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : 233.601 t

N_{cr,y} : 233.601 t

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

N_{cr,z} : 798.037 t

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	<u>11770.00</u>	cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	<u>788.10</u>	cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	<u>28.15</u>	cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w :	<u>199100.00</u>	cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.	E :	<u>2140673</u>	kp/cm ²
G : Módulo de elasticidad transversal.	G :	<u>825688</u>	kp/cm ²
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	<u>10.318</u>	m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	<u>1.444</u>	m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	<u>0.000</u>	m
i_o : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_o :	<u>14.16</u>	cm

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	<u>13.71</u>	cm
	i_z :	<u>3.55</u>	cm
y_o , z_o : 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_o :	<u>0.00</u>	mm
	z_o :	<u>0.00</u>	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:

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

70.61 ≤ 336.59



Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w :	<u>529.59</u>	mm
t_w : Espesor del alma.	t_w :	<u>7.50</u>	mm
A_w : Área del alma.	A_w :	<u>39.72</u>	cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} :	<u>18.40</u>	cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k :	<u>0.30</u>	
E : Módulo de elasticidad.	E :	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	<u>2803.26</u>	kp/cm ²

Siendo:

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 : 0.054



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 9.319 m del nudo N25, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 9.033 t

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

N_{t,Rd} : 167.128 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 62.60 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 1.05

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 : 0.075



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

η : 0.098



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.180 m del nudo N25, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

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

N_{c,Ed} : 12.176 t

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

N_{c,Rd} : 162.256 t

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 : 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

A_{ef} : 60.78 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

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

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

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

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

$$N_{b,Rd} : \underline{123.872} \text{ t}$$

Donde:

A_{ef} : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$A_{ef} : \underline{60.78} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

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

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

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$$\chi_y : \underline{0.76}$$

$$\chi_z : \underline{0.90}$$

Siendo:

α : Coeficiente de imperfección elástica.

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

$$\phi_y : \underline{0.93}$$

$$\phi_z : \underline{0.65}$$

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.85}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.46}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

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

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

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

$$N_{cr} : \underline{233.601} \text{ t}$$

$$N_{cr,y} : \underline{233.601} \text{ t}$$

$$N_{cr,z} : \underline{798.037} \text{ t}$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.724}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.181 m del nudo N25, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{15.956} \quad t \cdot m$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.181 m del nudo N25, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{31.628} \quad t \cdot m$$

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

$$M_{c,Rd}^+ : \underline{43.702} \quad t \cdot m$$

$$M_{c,Rd}^- : \underline{43.702} \quad t \cdot m$$

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.

$$Clase^+ : \underline{3}$$

W_{el,y}⁺: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

$$Clase^- : \underline{4}$$

$$W_{el,y}^+ : \underline{1636.90} \quad cm^3$$

W_{ef,y}⁻: Módulo resistente elástico de la sección eficaz correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 4.

$$W_{ef,y}^- : \underline{1636.90} \quad cm^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \quad kp/cm^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

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:

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

$$\eta < \underline{0.001}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.182 m del nudo N25, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.001} \quad t \cdot m$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.182 m del nudo N25, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.001} \quad t \cdot m$$

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

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.

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

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

Siendo:

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


γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

M_{c,Rd}	:	<u>4.103</u>	t·m
Clase	:	<u>1</u>	
W_{pl,z}	:	<u>153.70</u>	cm ³
f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²
f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{Mo}	:	<u>1.05</u>	

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 : **0.211** 

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.182 m del nudo N25, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

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

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

V_{Ed}	:	<u>8.060</u>	t
V_{c,Rd}	:	<u>38.150</u>	t
A_v	:	<u>24.75</u>	cm ²
h	:	<u>330.00</u>	mm
t_w	:	<u>7.50</u>	mm
f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

Siendo:

h: Canto de la sección.

t_w: Espesor del alma.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

Siendo:

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

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{Mo}	:	<u>1.05</u>	

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{40.93} < \mathbf{64.71}$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 40.93

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ε : Factor de reducción. ε : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{10.259} \leq \mathbf{37.383}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0)H4+1.5·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 10.259 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 74.765 t

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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.771} \quad \checkmark$$

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

η : **0.838** ✓

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

η : **0.525** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.182 m del nudo N25, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

Donde:

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

N_{c,Ed} : 11.789 t

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

M_{y,Ed} : 15.050 t·m

M_{z,Ed} : 0.000 t·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 compresión de la sección bruta.

N_{pl,Rd} : 167.128 t

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} : 21.473 t·m

M_{pl,Rd,z} : 4.103 t·m

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

A: Área de la sección bruta.

A : 62.60 cm²

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

W_{pl,y} : 804.30 cm³

W_{pl,z} : 153.70 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

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

γ_{M1} : 1.05

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

k_y : 1.06

k_z : 1.03

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

C_{m,y} : 1.00

C_{m,z} : 1.00

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

χ_y : 0.76

χ_z : 0.90

λ̄_y, λ̄_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

λ̄_y : 0.87

λ̄_z : 0.47

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

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

$$10.259 \leq 37.383$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{10.259}{t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{74.765}{t}$$

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.

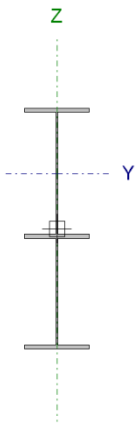
Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

3.1.4 DINTEL TEJAVANA

Dintel tejavana

Perfil: IPE 300, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 1.20 m. Cartela final inferior: 1.20 m.) Material: Acero (S275)									
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾						
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽⁴⁾ (m)	z _g ⁽⁴⁾ (mm)	
N23	N25	12.382	87.14	33385.23	905.46	29.15	0.00	127.15	
Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N23) Inercia respecto al eje indicado Momento de inercia a torsión uniforme ⁽⁴⁾ Coordenadas del centro de gravedad									
		Pandeo			Pandeo lateral				
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.				
β		0.14	1.00	0.00	0.00				
L _k		1.733	12.382	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.

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

$\bar{\lambda}$: **1.13**



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.

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

Clase : 4

A_{ef} : 52.70 cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : 115.159 t

N_{cr,y} : 115.159 t

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

$$N_{cr,z} : \underline{424.559} \quad t$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

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

$$I_y : \underline{8356.00} \quad \text{cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{603.80} \quad \text{cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{20.12} \quad \text{cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{125900.00} \quad \text{cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \quad \text{kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$L_{ky} : \underline{12.382} \quad \text{m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{1.733} \quad \text{m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{0.000} \quad \text{m}$$

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

$$i_o : \underline{12.91} \quad \text{cm}$$

Siendo:

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

$$i_y : \underline{12.46} \quad \text{cm}$$

$$i_z : \underline{3.35} \quad \text{cm}$$

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

$$y_o : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

$$z_o : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

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:

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

$$70.21 \leq 340.20$$



Donde:

h_w: Altura del alma.

$$h_w : \underline{498.50} \quad \text{mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.10} \quad \text{mm}$$

A_w: Área del alma.

$$A_w : \underline{35.39} \quad \text{cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : \underline{16.05} \quad \text{cm}^2$$

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

$$k : \underline{0.30}$$

E: Módulo de elasticidad.
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.
 Siendo:

E : 2140673 kp/cm²
f_{yf} : 2803.26 kp/cm²

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 : 0.036 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 11.002 m del nudo N23, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 5.231 t

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

N_{t,Rd} : 143.634 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 53.80 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 1.05

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 : 0.052 ✓

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

η : 0.090 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.354 m del nudo N23, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

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

N_{c,Ed} : 7.276 t

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

N_{c,Rd} : 140.687 t

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.

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\text{Clase} : \underline{\quad 4 \quad}$$

$$\begin{aligned} \text{A}_{ef} &: \underline{\quad 52.70 \quad} \text{ cm}^2 \\ \text{f}_{yd} &: \underline{\quad 2669.77 \quad} \text{ kp/cm}^2 \end{aligned}$$

Siendo:

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

γ_{MO}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\text{f}_y : \underline{\quad 2803.26 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_{MO} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

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

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

$$\text{N}_{b,Rd} : \underline{\quad 80.743 \quad} \text{ t}$$

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{aligned} \text{A}_{ef} &: \underline{\quad 52.70 \quad} \text{ cm}^2 \\ \text{f}_{yd} &: \underline{\quad 2669.77 \quad} \text{ kp/cm}^2 \end{aligned}$$

Siendo:

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

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\text{f}_y : \underline{\quad 2803.26 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M1} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

$$\chi_y : \underline{\quad 0.57 \quad}$$

$$\chi_z : \underline{\quad 0.84 \quad}$$

Siendo:

α: Coeficiente de imperfección elástica.

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\phi_y : \underline{\quad 1.24 \quad}$$

$$\phi_z : \underline{\quad 0.74 \quad}$$

$$\alpha_y : \underline{\quad 0.21 \quad}$$

$$\alpha_z : \underline{\quad 0.34 \quad}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{\quad 1.13 \quad}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{\quad 0.59 \quad}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\text{N}_{cr} : \underline{\quad 115.159 \quad} \text{ t}$$

$$\text{N}_{cr,y} : \underline{\quad 115.159 \quad} \text{ t}$$

$$\text{N}_{cr,z} : \underline{\quad 424.559 \quad} \text{ t}$$

$$\text{N}_{cr,T} : \underline{\quad \infty \quad}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.761}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 11.000 m del nudo N23, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^+} : \underline{7.115} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 11.000 m del nudo N23, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(R)2.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^-} : \underline{12.768} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} : \underline{16.777} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \underline{1}$$

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

$$\mathbf{W_{pl,y}} : \underline{628.40} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$\mathbf{f_y} : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{Mo}} : \underline{1.05}$$

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:

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

$$\eta < \underline{0.001}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 11.002 m del nudo N23, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^+} : \underline{0.001} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 11.002 m del nudo N23, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^-} : \underline{0.001} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{\underline{3.343}} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{\underline{1}}$$

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

$$W_{pl,z} : \underline{\underline{125.20}} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{2669.77}} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{\underline{2803.26}} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{\underline{0.220}} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 11.000 m del nudo N23, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(R)2.

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

$$V_{Ed} : \underline{\underline{7.228}} \quad \text{t}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{\underline{32.832}} \quad \text{t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{\underline{21.30}} \quad \text{cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{\underline{300.00}} \quad \text{mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\underline{7.10}} \quad \text{mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{2669.77}} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{\underline{2803.26}} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{39.24} < \mathbf{64.71}$$

Donde:

$$\lambda_w: \text{Esbeltez del alma.} \quad \lambda_w : \underline{\quad 39.24 \quad}$$

$$\lambda_{\text{máx}}: \text{Esbeltez máxima.} \quad \lambda_{\text{máx}} : \underline{\quad 64.71 \quad}$$

$$\varepsilon: \text{Factor de reducción.} \quad \varepsilon : \underline{\quad 0.92 \quad}$$

Siendo:

$$f_{\text{ref}}: \text{Límite elástico de referencia.} \quad f_{\text{ref}} : \underline{\quad 2395.51 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

$$f_y: \text{Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)} \quad f_y : \underline{\quad 2803.26 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{6.577} \leq \mathbf{32.110}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$$V_{Ed}: \text{Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.} \quad V_{Ed} : \underline{\quad 6.577 \quad} \text{ t}$$

$$V_{c,Rd}: \text{Esfuerzo cortante resistente de cálculo.} \quad V_{c,Rd} : \underline{\quad 64.221 \quad} \text{ t}$$

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:

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

$$\eta : 0.784$$



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

$$\eta : 0.838$$



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

$$\eta : 0.507$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 11.002 m del nudo N23, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(R)2.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : 4.249 \quad t$$

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

$$M_{y,Ed} : 12.651 \quad t \cdot m$$

$$M_{z,Ed} : 0.000 \quad t \cdot m$$

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 compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : 143.634 \quad t$$

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.

$$M_{pl,Rd,y} : 16.777 \quad t \cdot m$$

$$M_{pl,Rd,z} : 3.343 \quad t \cdot m$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : 53.80 \quad cm^2$$

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

$$W_{pl,y} : 628.40 \quad cm^3$$

$$W_{pl,z} : 125.20 \quad cm^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \quad kp/cm^2$$

Siendo:

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

$$f_y : 2803.26 \quad kp/cm^2$$

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

$$\gamma_{M1} : 1.05$$

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$k_y : 1.04$$

$$k_z : 1.02$$

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

$$C_{m,y} : 1.00$$

$$C_{m,z} : 1.00$$

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

$$\chi_y : 0.57$$

$$\chi_z : 0.84$$

λ̄_y, λ̄_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : 1.14$$

$$\bar{\lambda}_z : 0.60$$

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

$$\alpha_y : 0.60$$

$$\alpha_z : 0.60$$

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 6.577 \leq 32.110$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{6.577}{t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{64.221}{t}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.356 m del nudo N23, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \frac{0.000}{t \cdot m}$$

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

$$M_{T,Rd} : \frac{0.290}{t \cdot m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \frac{18.80}{cm^3}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2669.77}{kp/cm^2}$$

Siendo:

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

$$f_y : \frac{2803.26}{kp/cm^2}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \frac{1.05}{t}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : 0.047 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 11.002 m del nudo N23, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$$V_{Ed} : \underline{\underline{1.559}} \quad t$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{\underline{0.000}} \quad t \cdot m$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{\underline{32.825}} \quad t$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{\underline{32.832}} \quad t$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{\underline{0.81}} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{\underline{18.80}} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{2669.77}} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{\underline{2803.26}} \quad kp/cm^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$$

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.

3.1.5 MÉNSULA

Ménsula

Perfil: HE 360 A, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 0.47 m.) Material: Acero (S275)									
Nudos			Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾					
Inicial	Final	Área (cm ²)		I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)	Y _q ⁽⁴⁾ (m)	Z _q ⁽⁴⁾ (mm)	
N69	N92	0.475	226.80	141876.60	11827.13	212.89	0.00	166.25	
Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N69) Inercia respecto al eje indicado Momento de inercia a torsión uniforme ⁽⁴⁾ Coordenadas del centro de gravedad									
	Pandeo			Pandeo lateral					
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.				
	β	1.00	2.00	0.00	0.00				
	L _K	0.475	0.950	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.

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

$\bar{\lambda}$: 0.07



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.

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

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

Clase : 2

A : 225.63 cm²

f_y : 2701.33 kp/cm²

N_{cr} : 110748.642 t

N_{cr,y} : 319625.601 t

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

$$N_{cr,z} : \underline{110748.642} \quad t$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

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

$$I_y : \underline{136533.35} \quad \text{cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{11827.03} \quad \text{cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{212.50} \quad \text{cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{8407556.25} \quad \text{cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \quad \text{kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$L_{ky} : \underline{0.950} \quad \text{m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{0.475} \quad \text{m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{0.000} \quad \text{m}$$

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

$$i_o : \underline{25.64} \quad \text{cm}$$

Siendo:

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

$$i_y : \underline{24.60} \quad \text{cm}$$

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

$$i_z : \underline{7.24} \quad \text{cm}$$

$$y_o : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

$$z_o : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

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:

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

$$63.58 \leq 261.62$$



Donde:

h_w: Altura del alma.

$$h_w : \underline{635.77} \quad \text{mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{10.00} \quad \text{mm}$$

A_w: Área del alma.

$$A_w : \underline{63.58} \quad \text{cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : \underline{52.50} \quad \text{cm}^2$$

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

$$k : \underline{0.30}$$

E: Módulo de elasticidad.

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

Siendo:

E : 2140673 kp/cm²
f_{yf} : 2701.33 kp/cm²

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 : 0.002 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N92, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·Q1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 0.576 t

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

N_{t,Rd} : 367.380 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 142.80 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

Siendo:

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

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 1.05

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 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N92, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q1.

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

N_{c,Ed} : 0.746 t

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

N_{c,Rd} : 367.380 t

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 : 2

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

A : 142.80 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

Siendo:

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

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{MO} : 1.05

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

Para esbelteces $\bar{\lambda} \leq 0.2$ se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

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

$\bar{\lambda}$: 0.07

Donde:

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

A : 142.80 cm²

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

f_y : 2701.33 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 73854.108 t

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 77463.941 t

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 73854.108 t

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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 : 0.025



Para flexión positiva:

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁺ : 0.000 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N69, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q1.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁻ : 2.921 t·m

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

M_{c,Rd}⁺ : 114.812 t·m

M_{c,Rd}⁻ : 114.812 t·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⁺ : 2

W_{pl,y}⁺: Módulo resistente plástico correspondiente a la

Clase⁻ : 1
W_{pl,y}⁺ : 4462.72 cm³

fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

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

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_{pl,y} : \underline{4462.72} \quad \text{cm}^3$$

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

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

$$\eta : \underline{0.114}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N92, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q1.

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

$$V_{Ed} : \underline{5.902} \quad \text{t}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{51.987} \quad \text{t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{35.00} \quad \text{cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{350.00} \quad \text{mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{10.00} \quad \text{mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

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

$$31.50 < 65.92$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{31.50}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{65.92}$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.94}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$$

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

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

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

$$5.968 \leq 49.816$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N69, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q1.

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

$$V_{Ed} : \underline{5.968} \text{ t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{99.633} \text{ t}$$

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:

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

$$\eta : 0.027 \quad \checkmark$$

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

$$\eta : 0.027 \quad \checkmark$$

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

$$\eta : 0.017 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N69, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q1.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : 0.892 \quad t$$

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

$$M_{y,Ed} : 2.921 \quad t \cdot m$$

$$M_{z,Ed} : 0.000 \quad t \cdot m$$

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 compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : 580.469 \quad t$$

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.

$$M_{pl,Rd,y} : 114.812 \quad t \cdot m$$

$$M_{pl,Rd,z} : 30.427 \quad t \cdot m$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : 225.63 \quad cm^2$$

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

$$W_{pl,y} : 4462.72 \quad cm^3$$

$$W_{pl,z} : 1182.70 \quad cm^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2572.69 \quad kp/cm^2$$

Siendo:

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

$$f_y : 2701.33 \quad kp/cm^2$$

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

$$\gamma_{M1} : 1.05$$

k_y, **k_z**: Coeficientes de interacción.

$$k_y : 1.00$$

$$k_z : 1.00$$

C_{m,y}, **C_{m,z}**: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : 1.00$$

$$C_{m,z} : 1.00$$

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

$$\chi_y : 1.00$$

$$\chi_z : 1.00$$

λ̄_y, **λ̄_z**: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : 0.04$$

$$\bar{\lambda}_z : 0.07$$

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

$$\alpha_y : 0.60$$

$$\alpha_z : 0.60$$

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N69, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q1$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 5.968 \leq 49.816$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{Ed,z} : \frac{5.968}{t}$$

$$V_{c,Rd,z} : \frac{99.633}{t}$$

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.

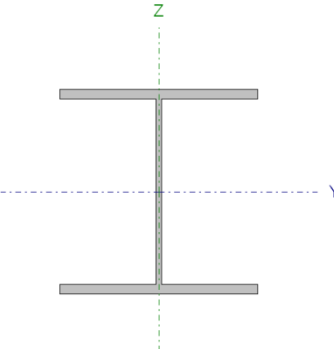
Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

3.2 PÓRTICOS HASTIALES:

3.2.1 PILAR NAVE

Pilar hastial derecho delantero inferior

Perfil: HE 320 A Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud		Características mecánicas			
	Inicia l	Final l	d (m)	Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)
N47	N87	3.250	124.40	22930.00	6985.00	108.00
Notas: Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
	β	0.00	0.86	0.00	0.00	
	L _K	0.000	2.795	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.

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

$\bar{\lambda}$: **0.24**



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.

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

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

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

Clase : 3

A : 124.40 cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : 6201.410 t

N_{cr,y} : 6201.410 t

N_{cr,z} : ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \infty$$

Donde:

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

$$I_y : \underline{22930.00} \quad \text{cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{6985.00} \quad \text{cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{108.00} \quad \text{cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{1512000.00} \quad \text{cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \quad \text{kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$L_{ky} : \underline{2.795} \quad \text{m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{0.000} \quad \text{m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{0.000} \quad \text{m}$$

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

$$i_o : \underline{15.51} \quad \text{cm}$$

Siendo:

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

$$i_y : \underline{13.58} \quad \text{cm}$$

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

$$i_z : \underline{7.49} \quad \text{cm}$$

$$y_o : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

$$z_o : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

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:

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

$$31.00 \leq 308.64$$



Donde:

h_w: Altura del alma.

$$h_w : \underline{279.00} \quad \text{mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.00} \quad \text{mm}$$

A_w: Área del alma.

$$A_w : \underline{25.11} \quad \text{cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : \underline{46.50} \quad \text{cm}^2$$

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

$$k : \underline{0.55}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$f_{yf} : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{\quad 0.016 \quad}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N87, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{\quad 5.308 \quad} \text{ t}$$

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

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{\quad 332.120 \quad} \text{ t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{\quad 124.40 \quad} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{\quad 2669.77 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$\mathbf{f}_y : \underline{\quad 2803.26 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{Mo} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{\quad 0.026 \quad}$$



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

$$\eta : \underline{\quad 0.026 \quad}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q2.

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

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{\quad 8.565 \quad} \text{ t}$$

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

$$\mathbf{N}_{c,Rd} : \underline{\quad 332.120 \quad} \text{ t}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \underline{\quad 3 \quad}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &: \underline{\underline{124.40}} \quad \text{cm}^2 \\ \mathbf{f_{yd}} &: \underline{\underline{2669.77}} \quad \text{kp/cm}^2 \end{aligned}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\begin{aligned} \mathbf{f_y} &: \underline{\underline{2803.26}} \quad \text{kp/cm}^2 \\ \mathbf{\gamma_{M0}} &: \underline{\underline{1.05}} \end{aligned}$$

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

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

$$\mathbf{N_{b,Rd}} : \underline{\underline{327.739}} \quad \text{t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &: \underline{\underline{124.40}} \quad \text{cm}^2 \\ \mathbf{f_{yd}} &: \underline{\underline{2669.77}} \quad \text{kp/cm}^2 \end{aligned}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\begin{aligned} \mathbf{f_y} &: \underline{\underline{2803.26}} \quad \text{kp/cm}^2 \\ \mathbf{\gamma_{M1}} &: \underline{\underline{1.05}} \end{aligned}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\mathbf{\chi_y} : \underline{\underline{0.99}}$$

Siendo:

α: Coeficiente de imperfección elástica.
λ̄: Esbeltez reducida.

$$\mathbf{\phi_y} : \underline{\underline{0.53}}$$

$$\mathbf{\alpha_y} : \underline{\underline{0.34}}$$

$$\mathbf{\bar{\lambda}_y} : \underline{\underline{0.24}}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$\mathbf{N_{cr}} : \underline{\underline{6201.410}} \quad \text{t}$$

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$\mathbf{N_{cr,y}} : \underline{\underline{6201.410}} \quad \text{t}$$

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$\mathbf{N_{cr,z}} : \underline{\underline{\infty}}$$

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\mathbf{N_{cr,T}} : \underline{\underline{\infty}}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.176$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{6.962} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{6.285} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{39.495} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

$$W_{el,y} : \underline{1479.35} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

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:

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

$$\eta : 0.301$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{3.026} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{3.738} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{12.432} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$W_{el,z}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

$$W_{el,z} : \underline{465.67} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.065}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2$.

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

$$V_{Ed} : \underline{2.803} \quad \text{t}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{43.005} \quad \text{t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{27.90} \quad \text{cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{310.00} \quad \text{mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.00} \quad \text{mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

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

$$31.00 < 64.71$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{31.00}$$

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

ε : Factor de reducción. ε : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

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

Se debe satisfacer:

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

η : 0.012 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N47, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 1.868 t

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

$V_{\text{c,Rd}}$: 153.045 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 99.29 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. A : 124.40 cm²

d : Altura del alma. d : 279.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 9.00 mm

$f_{y,d}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{y,d}$: 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

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

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{\text{c,Rd}}$.

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

$$2.803 \leq 21.502$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(180°)H2.

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

$$V_{Ed} : \frac{2.803}{1} \quad t$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{43.005}{1} \quad t$$

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

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

$$1.868 \leq 76.523$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H2.

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

$$V_{Ed} : \frac{1.868}{1} \quad t$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{153.045}{1} \quad t$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.352 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : 0.338 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N47, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

Donde:

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

$$N_{t,Ed} : \frac{2.510}{1} \quad t$$

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

$$M_{y,Ed}^+ : \frac{1.764}{1} \quad t \cdot m$$

$$M_{z,Ed}^- : \frac{3.723}{1} \quad t \cdot m$$

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.

$$\text{Clase} : \frac{3}{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \frac{332.120}{1} \quad t$$

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

$$M_{el,Rd,y} : \frac{39.495}{1} \quad t \cdot m$$

$$M_{el,Rd,z} : \frac{12.432}{1} \quad t \cdot m$$

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

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \frac{1.525}{1} \quad t \cdot m$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.	$\sigma_{com,Ed}$:	<u>103.09</u>	kp/cm ²
$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.	$W_{y,com}$:	<u>1479.35</u>	cm ³
A : Área de la sección bruta.	A	:	<u>124.40</u>	cm ²
$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.	$M_{b,Rd,y}$:	<u>39.495</u>	t·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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 2.803 \leq 20.690$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z}$:	<u>2.803</u>	t
$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z}$:	<u>41.379</u>	t

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.093} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot Q2$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.	$M_{T,Ed}$:	<u>0.100</u>	t·m
--	------------	---	--------------	-----

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

$M_{T,Rd}$:	<u>1.074</u>	t·m
------------	---	--------------	-----

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.	W_T	:	<u>69.68</u>	cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0}	:	<u>1.05</u>	

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.018$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q+1.5·Q2.

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

$$V_{Ed} : 0.751 \quad t$$

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.100 \quad t \cdot m$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : 41.379 \quad t$$

Donde:

V_{pl,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : 43.005 \quad t$$

τ_{T,Ed}: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : 142.91 \quad kp/cm^2$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : 69.68 \quad cm^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \quad kp/cm^2$$

Siendo:

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

$$f_y : 2803.26 \quad kp/cm^2$$

γ_{MO}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : 1.05$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.001$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q+1.5·Q2.

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

$$V_{Ed} : 0.120 \quad t$$

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.100 \quad t \cdot m$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : 147.260 \quad t$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$V_{pl,Rd}$: 153.045 t
 $\tau_{T,Ed}$: 142.91 kp/cm²

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

W_T : 69.68 cm³
 f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 2803.26 kp/cm²
 γ_{MO} : 1.05

Pilar hastial derecho delantero medio

Perfil: HE 320 A Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud		Características mecánicas			
	Inicia l	Fina l	d (m)	Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)
N87	N75	3.250	124.40	22930.00	6985.00	108.00
Notas: Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	0.86	0.00	0.00		
L_K	0.000	2.795	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.

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

$\bar{\lambda}$: **0.24** ✓

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 : 3

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

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &: \frac{124.40}{} && \text{cm}^2 \\ \mathbf{f}_y &: \frac{2803.26}{} && \text{kp/cm}^2 \\ \mathbf{N}_{cr} &: \frac{6201.410}{} && \text{t} \end{aligned}$$

$$\mathbf{N}_{cr,y} : \frac{6201.410}{} \quad \text{t}$$

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

$$\mathbf{N}_{cr,z} : \frac{\infty}{}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\mathbf{N}_{cr,T} : \frac{\infty}{}$$

Donde:

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

$$\mathbf{I}_y : \frac{22930.00}{} \quad \text{cm}^4$$

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

$$\mathbf{I}_z : \frac{6985.00}{} \quad \text{cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\mathbf{I}_t : \frac{108.00}{} \quad \text{cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$\mathbf{I}_w : \frac{1512000.00}{} \quad \text{cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$\mathbf{E} : \frac{2140673}{} \quad \text{kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$\mathbf{G} : \frac{825688}{} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\mathbf{L}_{ky} : \frac{2.795}{} \quad \text{m}$$

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

$$\mathbf{L}_{kz} : \frac{0.000}{} \quad \text{m}$$

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

$$\mathbf{L}_{kt} : \frac{0.000}{} \quad \text{m}$$

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$\mathbf{i}_0 : \frac{15.51}{} \quad \text{cm}$$

Siendo:

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

$$\mathbf{i}_y : \frac{13.58}{} \quad \text{cm}$$

$$\mathbf{i}_z : \frac{7.49}{} \quad \text{cm}$$

y₀, z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$\mathbf{y}_0 : \frac{0.00}{} \quad \text{mm}$$

$$\mathbf{z}_0 : \frac{0.00}{} \quad \text{mm}$$

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:

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

$$31.00 \leq 308.64$$



Donde:

h_w : Altura del alma.

t_w : Espesor del alma.

A_w : Área del alma.

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

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

E : Módulo de elasticidad.

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

Siendo:

h_w	:	<u>279.00</u>	mm
t_w	:	<u>9.00</u>	mm
A_w	:	<u>25.11</u>	cm ²
$A_{fc,ef}$:	<u>46.50</u>	cm ²
k	:	<u>0.55</u>	
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf}	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.009}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.624 m del nudo N87, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{3.076} \quad t$$

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

$$N_{t,Rd} : \underline{332.120} \quad t$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{124.40} \quad \text{cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.023}$$



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

$$\eta : 0.023$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N87, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q2.

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

$$\mathbf{N_{c,Ed}} : \underline{7.692} \quad \text{t}$$

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

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{332.120} \quad \text{t}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \underline{3}$$

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

$$\mathbf{A} : \underline{124.40} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$\mathbf{f_y} : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\mathbf{\gamma_{M0}} : \underline{1.05}$$

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

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

$$\mathbf{N_{b,Rd}} : \underline{327.739} \quad \text{t}$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{124.40} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$\mathbf{f_y} : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\mathbf{\gamma_{M1}} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\mathbf{\chi_y} : \underline{0.99}$$

Siendo:

$$\mathbf{\phi_y} : \underline{0.53}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\mathbf{\alpha_y} : \underline{0.34}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\mathbf{\bar{\lambda}_y} : \underline{0.24}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$\mathbf{N_{cr}} : \underline{6201.410} \quad \text{t}$$

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

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

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

$$N_{cr,y} : \underline{6201.410} \quad t$$

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.089} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.750 m del nudo N87, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{2.575} \quad t \cdot m$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.750 m del nudo N87, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{3.500} \quad t \cdot m$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{39.495} \quad t \cdot m$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

$$W_{el,y} : \underline{1479.35} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \quad kp/cm^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

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

$$\eta : \underline{0.080} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.501 m del nudo N87, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.305} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.501 m del nudo N87, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.996} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{12.432} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

$W_{el,z}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

$$W_{el,z} : \underline{465.67} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.044}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.626 m del nudo N87, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

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

$$V_{Ed} : \underline{1.899} \quad \text{t}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{43.005} \quad \text{t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{27.90} \quad \text{cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{310.00} \quad \text{mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.00} \quad \text{mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{31.00} < \mathbf{64.71}$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. $\lambda_w : \underline{31.00}$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$

ε : Factor de reducción. $\varepsilon : \underline{0.92}$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. $f_{ref} : \underline{2395.51} \text{ kp/cm}^2$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.007} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.626 m del nudo N87, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{1.048} \text{ t}$

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

$V_{c,Rd} : \underline{153.045} \text{ t}$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : \underline{99.29} \text{ cm}^2$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.	A :	<u>124.40</u>	cm ²
d : Altura del alma.	d :	<u>279.00</u>	mm
t_w : Espesor del alma.	t_w :	<u>9.00</u>	mm
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	<u>2669.77</u>	kp/cm ²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{Mo} :	<u>1.05</u>	

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 **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 1.175 \leq 21.502$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(180°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} :	<u>1.175</u>	t
V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd} :	<u>43.005</u>	t

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 **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.988 \leq 76.523$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} :	<u>0.988</u>	t
V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd} :	<u>153.045</u>	t

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.111} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.106} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.750 m del nudo N87, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$.

Donde:

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

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

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.

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

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

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

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$:	<u>1.042</u>	t
$M_{y,Ed}$:	<u>2.987</u>	t·m
$M_{z,Ed}$:	<u>0.405</u>	t·m
Clase	:	<u>3</u>	

$N_{pl,Rd}$:	<u>332.120</u>	t
$M_{el,Rd,y}$:	<u>39.495</u>	t·m
$M_{el,Rd,z}$:	<u>12.432</u>	t·m
$M_{ef,Ed}$:	<u>-2.888</u>	t·m

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

A: Área de la sección bruta.

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$\sigma_{com,Ed}$:	<u>195.20</u>	kp/cm ²
-------------------	---	---------------	--------------------

$W_{y,com}$:	<u>1479.35</u>	cm ³
A	:	<u>124.40</u>	cm ²
$M_{b,Rd,y}$:	<u>39.495</u>	t·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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2$.

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

$$1.175 \leq 20.690$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{Ed,z}$:	<u>1.175</u>	t
$V_{c,Rd,z}$:	<u>41.379</u>	t

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.093$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·Q2.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.100} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{T,Rd} : \underline{1.074} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{69.68} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.018$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q+1.5·Q2.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.751} \quad \text{t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.100} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{41.379} \quad \text{t}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{43.005} \quad \text{t}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{142.91} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{69.68} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

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

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.001$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot Q_2$.

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

$$V_{Ed} : 0.083 \quad t$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.100 \quad t \cdot m$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : 147.260 \quad t$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : 153.045 \quad t$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : 142.91 \quad kp/cm^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : 69.68 \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2803.26 \quad kp/cm^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Pilar hastial derecho delantero superior

Perfil: HE 320 A
Material: Acero (S275)

Perfil: HE 320 A Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
Inicia I	Final I					
N75	N48	1.500	124.40	22930.00	6985.00	108.00
Notas: Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
β	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	0.00	3.73	0.00	0.00		
L _K	0.000	5.595	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 0.47



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 : 3

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 124.40 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 1547.583 t

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} : 1547.583 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_w: Constante de alabeo de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

G: Módulo de elasticidad transversal.

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

I_y	:	<u>22930.00</u>	cm ⁴
I_z	:	<u>6985.00</u>	cm ⁴
I_t	:	<u>108.00</u>	cm ⁴
I_w	:	<u>1512000.00</u>	cm ⁶
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
G	:	<u>825688</u>	kp/cm ²
L_{ky}	:	<u>5.595</u>	m
L_{kz}	:	<u>0.000</u>	m
L_{kt}	:	<u>0.000</u>	m
i_o	:	<u>15.51</u>	cm

Siendo:

i_y, **i_z**: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

y_o, **z_o**: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

i_y	:	<u>13.58</u>	cm
i_z	:	<u>7.49</u>	cm
y_o	:	<u>0.00</u>	mm
z_o	:	<u>0.00</u>	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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

31.00 ≤ 308.64



Donde:

h_w: Altura del alma.

t_w: Espesor del alma.

A_w: Área del alma.

A_{fc,ef}: Área reducida del ala comprimida.

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

h_w	:	<u>279.00</u>	mm
t_w	:	<u>9.00</u>	mm
A_w	:	<u>25.11</u>	cm ²
A_{fc,ef}	:	<u>46.50</u>	cm ²
k	:	<u>0.55</u>	
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf}	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.009}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.444 m del nudo N75, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{2.888} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{332.120} \quad \text{t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{124.40} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.009}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.010}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N75, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{2.964} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{c,Rd} : \underline{332.120} \quad \text{t}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \underline{3}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \underline{124.40} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{297.332} \quad \text{t}$$

Donde:

 A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{124.40} \quad \text{cm}^2$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

 γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

 χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.90}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.66}$$

 α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

 $\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.47}$$

 N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{1547.583} \quad \text{t}$$

 $N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{1547.583} \quad \text{t}$$

 $N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

 $N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.069}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.446 m del nudo N75, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{2.724} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.446 m del nudo N75, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{2.604} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{39.495} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

$$W_{el,y} : \underline{1479.35} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.058}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N75, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.716} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N75, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.718} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{12.432} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$W_{el,z}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

$$W_{el,z} : \underline{465.67} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.068}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.446 m del nudo N75, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.916} \quad \text{t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{43.005} \quad \text{t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{27.90} \quad \text{cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{310.00} \quad \text{mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.00} \quad \text{mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$31.00 < 64.71$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 31.00

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ε : Factor de reducción. ε : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

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 : 0.005



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N75, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.811 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 153.045 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 99.29 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 124.40 cm²

d : Altura del alma.

d : 279.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 9.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 1.05

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{1.899} \leq \mathbf{21.502}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed}	:	<u>1.899</u>	t
$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd}$:	<u>43.005</u>	t

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{0.811} \leq \mathbf{76.523}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed}	:	<u>0.811</u>	t
$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd}$:	<u>153.045</u>	t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.087} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.078} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N75, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$:	<u>1.709</u>	t
$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}$:	<u>1.014</u>	t·m
	$M_{z,Ed}$:	<u>0.704</u>	t·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	:	<u>3</u>	
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.	$N_{pl,Rd}$:	<u>332.120</u>	t

$M_{el,Rd,y}$, $M_{el,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{el,Rd,y} : \underline{39.495} \quad t \cdot m$$

$$M_{el,Rd,z} : \underline{12.432} \quad t \cdot m$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{-0.851} \quad t \cdot m$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{57.54} \quad kp/cm^2$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{1479.35} \quad cm^3$$

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{124.40} \quad cm^2$$

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{39.495} \quad t \cdot m$$

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$1.899 \leq 19.025$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{1.899} \quad t$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{38.049} \quad t$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.271}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q2$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.292} \quad t \cdot m$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.074} \quad t \cdot m$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{69.68} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0}	:	<u>1.05</u>	

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.005}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q+1.5·Q2.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.175} \quad t$$

 $M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.292} \quad t \cdot m$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{38.049} \quad t$$

Donde:

 $V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{43.005} \quad t$$

 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{418.48} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

 W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{69.68} \quad \text{cm}^3$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.001}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q+1.5·Q2.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.152} \quad t$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.292} \quad t \cdot m$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{135.409} \quad t$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{153.045} \quad t$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{418.48} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{69.68} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

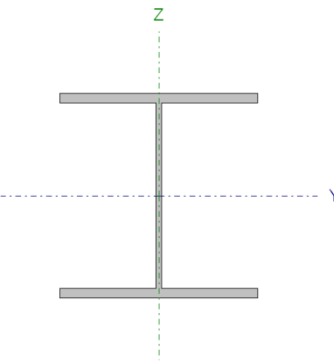
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad kp/cm^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Pilar hastial izquierdo delantero inferior

Perfil: HE 320 A, Simple con cartelas Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud d (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾			
	Inicia I	Fina I		Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)
	N45	N83	3.250	124.4 0	22930.0 0	6985.0 0	108.0 0
Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N45) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo			Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	0.00	0.86	0.00	0.00		
	L_K	0.000	2.795	0.000	0.000		
	C_m	1.000	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 0.24



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.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

Clase : 3

A : 124.40 cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : 6201.410 t

N_{cr,y} : 6201.410 t

N_{cr,z} : ∞

N_{cr,T} : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_w: Constante de alabeo de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

G: Módulo de elasticidad transversal.

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

I_y : 22930.00 cm⁴

I_z : 6985.00 cm⁴

I_t : 108.00 cm⁴

I_w : 1512000.00 cm⁶

E : 2140673 kp/cm²

G : 825688 kp/cm²

L_{ky} : 2.795 m

L_{kz} : 0.000 m

L_{kt} : 0.000 m

i_o : 15.51 cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

y_o , z_o: Coordenadas del centro de

i_y : 13.58 cm

i_z : 7.49 cm

y_o : 0.00 mm

torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$z_0 : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$31.00 \leq 308.64$$



Donde:

h_w : Altura del alma.

t_w : Espesor del alma.

A_w : Área del alma.

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E : Módulo de elasticidad.

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

$$h_w : \underline{279.00} \quad \text{mm}$$

$$t_w : \underline{9.00} \quad \text{mm}$$

$$A_w : \underline{25.11} \quad \text{cm}^2$$

$$A_{fc,ef} : \underline{46.50} \quad \text{cm}^2$$

$$k : \underline{0.55}$$

$$E : \underline{2140673} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$f_{yf} : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.024}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.168 m del nudo N45, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{8.130} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{332.120} \quad \text{t}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{124.40} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \quad \mathbf{0.030} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \quad \mathbf{0.030} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)2.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{c,Ed}} : \quad \underline{\quad 9.980 \quad} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \quad \underline{\quad 332.120 \quad} \quad \text{t}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \quad \underline{\quad 3 \quad}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \quad \underline{\quad 124.40 \quad} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \quad \underline{\quad 2669.77 \quad} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \quad \underline{\quad 2803.26 \quad} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{M0}} : \quad \underline{\quad 1.05 \quad}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} : \quad \underline{\quad 327.739 \quad} \quad \text{t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \quad \underline{\quad 124.40 \quad} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \quad \underline{\quad 2669.77 \quad} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \quad \underline{\quad 2803.26 \quad} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{M1}} : \quad \underline{\quad 1.05 \quad}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\mathbf{\chi_y} : \quad \underline{\quad 0.99 \quad}$$

Siendo:

	ϕ_y	:	<u>0.53</u>	
α : Coeficiente de imperfección elástica.	α_y	:	<u>0.34</u>	
$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.	$\bar{\lambda}_y$:	<u>0.24</u>	

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr}	:	<u>6201.410</u>	t
N_{cr,y}	:	<u>6201.410</u>	t
N_{cr,z}	:	<u>∞</u>	
N_{cr,T}	:	<u>∞</u>	

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 : 0.119



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁺ : 4.489 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(180°)H1+0.75·N(R)1.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁻ : 4.719 t·m

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

M_{c,Rd} : 39.495 t·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 : 3

W_{el,y}: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

W_{el,y} : 1479.35 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{MO}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{MO} : 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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.379}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{3.599} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{4.715} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{12.432} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

$W_{el,z}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

$$W_{el,z} : \underline{465.67} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.015}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.651} \quad \text{t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

Donde:	$V_{c,Rd}$:	<u>43.005</u>	t
A_v : Área transversal a cortante.	A_v :	<u>27.90</u>	cm ²
Siendo:			
h : Canto de la sección.	h :	<u>310.00</u>	mm
t_w : Espesor del alma.	t_w :	<u>9.00</u>	mm
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	<u>2669.77</u>	kp/cm ²
Siendo:			
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} :	<u>1.05</u>	

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$31.00 < 64.71$$

Donde:	λ_w : Esbeltez del alma.	λ_w :	<u>31.00</u>	
	$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.	$\lambda_{m\acute{a}x}$:	<u>64.71</u>	
	ε : Factor de reducción.	ε :	<u>0.92</u>	
Siendo:				
	f_{ref} : Límite elástico de referencia.	f_{ref} :	<u>2395.51</u>	kp/cm ²
	f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	<u>2803.26</u>	kp/cm ²

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.019}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N45, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} :	<u>2.841</u>	t
---	------------	--------------	---

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

	$V_{c,Rd}$:	<u>153.045</u>	t
Donde:	A_v	:	<u>99.29</u>	cm ²
A_v : Área transversal a cortante.				
Siendo:	A	:	<u>124.40</u>	cm ²
A : Área de la sección bruta.	d	:	<u>279.00</u>	mm
d : Altura del alma.	t_w	:	<u>9.00</u>	mm
t_w : Espesor del alma.	f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.				
Siendo:	f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	γ_{MO}	:	<u>1.05</u>	
γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.				

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{0.651} \leq \mathbf{21.502}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed}	:	<u>0.651</u>	t
$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd}$:	<u>43.005</u>	t

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{2.841} \leq \mathbf{76.523}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed}	:	<u>2.841</u>	t
$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd}$:	<u>153.045</u>	t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : 0.429 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : 0.397 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^{ésimos} se producen en el nudo N45, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)1.

Donde:

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo p^{ésimo}.

$$N_{t,Ed} : \frac{5.784}{\quad} \quad t$$

M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Momentos flectores solicitantes de cálculo p^{ésimos}, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \frac{1.287}{\quad} \quad t \cdot m$$

$$M_{z,Ed} : \frac{4.707}{\quad} \quad t \cdot m$$

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.

$$Clase : \frac{3}{\quad}$$

N_{pl,Rd}: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \frac{332.120}{\quad} \quad t$$

M_{el,Rd,y}, M_{el,Rd,z}: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{el,Rd,y} : \frac{39.495}{\quad} \quad t \cdot m$$

$$M_{el,Rd,z} : \frac{12.432}{\quad} \quad t \cdot m$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

M_{ef,Ed}: Momento flector solicitante de cálculo p^{ésimo}.

$$M_{ef,Ed} : \frac{-0.737}{\quad} \quad t \cdot m$$

Siendo:

σ_{com,Ed}: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \frac{49.82}{\quad} \quad \text{kp/cm}^2$$

W_{y,com}: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \frac{1479.35}{\quad} \quad \text{cm}^3$$

A: Área de la sección bruta.

$$A : \frac{124.40}{\quad} \quad \text{cm}^2$$

M_{b,Rd,y}: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \frac{39.495}{\quad} \quad t \cdot m$$

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 p^{ésimo} **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^{ésimos} se producen para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

$$V_{Ed,y} \leq \frac{V_{c,Rd,y}}{2}$$

$$2.841 \leq 76.512$$

Donde:

V_{Ed,y}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p^{ésimo}.

$$V_{Ed,y} : \frac{2.841}{\quad} \quad t$$

V_{c,Rd,y}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,y} : \frac{153.025}{\quad} \quad t$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.028}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·Q1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.030} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.074} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{69.68} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q+1.5·Q2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.193} \quad \text{t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{42.999} \quad \text{t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{43.005} \quad \text{t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.51} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{69.68} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0}	:	<u>1.05</u>	

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \mathbf{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q+1.5·Q2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed}	:	<u>0.016</u>	t
$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.	$M_{T,Ed}$:	<u>0.000</u>	t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{153.025} \quad t$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{pl,Rd}$:	<u>153.045</u>	t
$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.	$\tau_{T,Ed}$:	<u>0.51</u>	kp/cm ²

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.	W_T	:	<u>69.68</u>	cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0}	:	<u>1.05</u>	

Pilar hastial izquierdo delantero medio

Perfil: HE 320 A, Simple con cartelas
Material: Acero (S275)

Perfil: HE 320 A, Simple con cartelas Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾				
		Inicia l	Final l	Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)
N83	N68	3.250	124.40	22930.00	6985.00	108.00
Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N83) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
Pandeo	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	0.86	0.00	0.00		
L _K	0.000	2.795	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: **0.24**



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.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

Clase : 3

A : 124.40 cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : 6201.410 t

N_{cr,y} : 6201.410 t

N_{cr,z} : ∞

N_{cr,T} : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_w: Constante de alabeo de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

G: Módulo de elasticidad transversal.

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

I_y	:	<u>22930.00</u>	cm ⁴
I_z	:	<u>6985.00</u>	cm ⁴
I_t	:	<u>108.00</u>	cm ⁴
I_w	:	<u>1512000.00</u>	cm ⁶
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
G	:	<u>825688</u>	kp/cm ²
L_{ky}	:	<u>2.795</u>	m
L_{kz}	:	<u>0.000</u>	m
L_{kt}	:	<u>0.000</u>	m
i_o	:	<u>15.51</u>	cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

y_o , z_o: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

i_y	:	<u>13.58</u>	cm
i_z	:	<u>7.49</u>	cm
y_o	:	<u>0.00</u>	mm
z_o	:	<u>0.00</u>	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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

31.00 ≤ 308.64



Donde:

h_w: Altura del alma.

t_w: Espesor del alma.

A_w: Área del alma.

A_{fc,ef}: Área reducida del ala comprimida.

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

h_w	:	<u>279.00</u>	mm
t_w	:	<u>9.00</u>	mm
A_w	:	<u>25.11</u>	cm ²
A_{fc,ef}	:	<u>46.50</u>	cm ²
k	:	<u>0.55</u>	
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf}	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.013}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.624 m del nudo N83, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{4.457} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{332.120} \quad \text{t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{124.40} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.024}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.024}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N83, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q1.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{7.990} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{c,Rd} : \underline{332.120} \quad \text{t}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \underline{3}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \underline{124.40} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{327.739} \text{ t}$$

Donde:

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{124.40} \text{ cm}^2$$

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

$$\chi_y : \underline{0.99}$$

Siendo:

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\phi_y : \underline{0.53}$$

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.24}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr} : \underline{6201.410} \text{ t}$$

$$N_{cr,y} : \underline{6201.410} \text{ t}$$

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.065}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N83, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{2.400} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.080 m del nudo N83, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{2.552} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{39.495} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

$$W_{el,y} : \underline{1479.35} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.086}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.565 m del nudo N83, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.578} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.565 m del nudo N83, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.070} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{12.432} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

W_{el,z}: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

W_{el,z} : 465.67 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 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 : 0.015 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(180°)H1+0.75·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.648 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

V_{c,Rd} : 43.005 t

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

A_v : 27.90 cm²

Siendo:

h: Canto de la sección.

h : 310.00 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 9.00 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \epsilon$$

31.00 < **64.71**

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

λ_w : 31.00

$\lambda_{\text{máx}}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{\text{máx}}$: 64.71

ε : Factor de reducción. ε : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{\text{Ed}}}{V_{\text{c,Rd}}} \leq 1$$

η : 0.011 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.626 m del nudo N83, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 1.660 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{\text{c,Rd}}$ viene dado por:

$V_{\text{c,Rd}}$: 153.045 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 99.29 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 124.40 cm²

d : Altura del alma.

d : 279.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 9.00 mm

$f_{y,d}$: Resistencia de cálculo del acero.

$f_{y,d}$: 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{\text{c,Rd}}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.648 \leq 21.502$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(180°)H1+0.75·N(R)1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \frac{0.648}{1} \quad t$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{43.005}{1} \quad t$$

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$1.360 \leq 76.523$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(0°)H3+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \frac{1.360}{1} \quad t$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{153.045}{1} \quad t$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : 0.120 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{el,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{el,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.120 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{el,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{el,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.111 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.353 m del nudo N83, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \frac{2.071}{1} \quad t$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \frac{1.663}{1} \quad t \cdot m$$

$$M_{z,Ed} : \frac{0.889}{1} \quad t \cdot m$$

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.

$$\text{Clase} : \frac{3}{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \frac{332.120}{1} \quad t$$

$M_{el,Rd,y}$, $M_{el,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{el,Rd,y} : \underline{\underline{39.495}} \quad t \cdot m$$

$$M_{el,Rd,z} : \underline{\underline{12.432}} \quad t \cdot m$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{\underline{124.40}} \quad cm^2$$

$W_{el,y}$, $W_{el,z}$: Módulos resistentes elásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{el,y} : \underline{\underline{1479.35}} \quad cm^3$$

$$W_{el,z} : \underline{\underline{465.67}} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{2669.77}} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{2803.26}} \quad kp/cm^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{\underline{1.05}}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{\underline{1.00}}$$

$$k_z : \underline{\underline{1.00}}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$C_{m,z} : \underline{\underline{1.00}}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{\underline{0.99}}$$

$$\chi_z : \underline{\underline{1.00}}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{\underline{0.24}}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{\underline{0.00}}$$

α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{\underline{0.80}}$$

$$\alpha_z : \underline{\underline{1.00}}$$

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.648 \leq 21.502$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{\underline{0.648}} \quad t$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{\underline{43.005}} \quad t$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.122$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·Q1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.131} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.074} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{69.68} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.005$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.190} \quad \text{t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.131} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{40.852} \quad \text{t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{43.005} \quad \text{t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{188.13} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{69.68} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.001$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot Q1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 0.113 \quad t$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.131 \quad t \cdot m$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : 145.382 \quad t$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : 153.045 \quad t$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : 188.13 \quad kp/cm^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : 69.68 \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2803.26 \quad kp/cm^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Pilar hastial izquierdo delantero superior

Perfil: HE 320 A, Simple con cartelas
Material: Acero (S275)

Perfil: HE 320 A, Simple con cartelas Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾				
		Inicia l	Final l	Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)
N68	N46	1.500	124.40	22930.00	6985.00	108.00
Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N68) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	3.73	0.00	0.00		
L _K	0.000	5.595	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: **0.47**



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.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

Clase : 3

A : 124.40 cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : 1547.583 t

N_{cr,y} : 1547.583 t

N_{cr,z} : ∞

N_{cr,T} : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_w: Constante de alabeo de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

G: Módulo de elasticidad transversal.

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

I_y	:	<u>22930.00</u>	cm ⁴
I_z	:	<u>6985.00</u>	cm ⁴
I_t	:	<u>108.00</u>	cm ⁴
I_w	:	<u>1512000.00</u>	cm ⁶
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
G	:	<u>825688</u>	kp/cm ²
L_{ky}	:	<u>5.595</u>	m
L_{kz}	:	<u>0.000</u>	m
L_{kt}	:	<u>0.000</u>	m
i_o	:	<u>15.51</u>	cm

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

y_o, z_o: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

i_y	:	<u>13.58</u>	cm
i_z	:	<u>7.49</u>	cm
y_o	:	<u>0.00</u>	mm
z_o	:	<u>0.00</u>	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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

31.00 ≤ 308.64



Donde:

h_w: Altura del alma.

t_w: Espesor del alma.

A_w: Área del alma.

A_{fc,ef}: Área reducida del ala comprimida.

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

h_w	:	<u>279.00</u>	mm
t_w	:	<u>9.00</u>	mm
A_w	:	<u>25.11</u>	cm ²
A_{fc,ef}	:	<u>46.50</u>	cm ²
k	:	<u>0.55</u>	
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf}	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.012}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.376 m del nudo N68, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{3.942} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{332.120} \quad \text{t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{124.40} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.014}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.015}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N68, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{4.554} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{c,Rd} : \underline{332.120} \quad \text{t}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \underline{3}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \underline{124.40} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{297.332} \quad \text{t}$$

Donde:

 A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{124.40} \quad \text{cm}^2$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

 γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

 χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.90}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.66}$$

 α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

 $\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.47}$$

 N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{1547.583} \quad \text{t}$$

 $N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{1547.583} \quad \text{t}$$

 $N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

 $N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.029}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N68, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.287} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N68, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot Q1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.164} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{39.495} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

$$W_{el,y} : \underline{1479.35} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.079}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N68, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.937} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N68, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.980} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{12.432} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

W_{el,z}: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

W_{el,z} : 465.67 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 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 : 0.018 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.766 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

V_{c,Rd} : 43.005 t

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

A_v : 27.90 cm²

Siendo:

h: Canto de la sección.

h : 310.00 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 9.00 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \epsilon$$

31.00 < **64.71**

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

λ_w : 31.00

$\lambda_{\text{máx}}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{\text{máx}}$: 64.71

ε : Factor de reducción. ε : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{\text{Ed}}}{V_{\text{c,Rd}}} \leq 1$$

η : 0.008



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N68, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 1.256 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{\text{c,Rd}}$ viene dado por:

$V_{\text{c,Rd}}$: 153.045 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 99.29 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. A : 124.40 cm²

d : Altura del alma. d : 279.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 9.00 mm

$f_{y,d}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{y,d}$: 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{\text{c,Rd}}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.766 \leq 21.502$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \frac{0.766}{1} \quad t$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{43.005}{1} \quad t$$

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$1.256 \leq 76.523$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \frac{1.256}{1} \quad t$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{153.045}{1} \quad t$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : 0.095 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : 0.092 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N68, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \frac{0.506}{1} \quad t$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \frac{0.700}{1} \quad t \cdot m$$

$$M_{z,Ed} : \frac{0.937}{1} \quad t \cdot m$$

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.

$$\text{Clase} : 3$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \frac{332.120}{1} \quad t$$

$M_{el,Rd,y}$, $M_{el,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{el,Rd,y} : \frac{39.495}{1} \quad t \cdot m$$

$$M_{el,Rd,z} : \frac{12.432}{1} \quad t \cdot m$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \frac{-0.652}{1} \quad t \cdot m$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.	$\sigma_{com,Ed}$:	<u>44.05</u>	kp/cm ²
$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.	$W_{y,com}$:	<u>1479.35</u>	cm ³
A : Área de la sección bruta.	A	:	<u>124.40</u>	cm ²
$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.	$M_{b,Rd,y}$:	<u>39.495</u>	t·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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q1$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad \mathbf{0.766} \leq \mathbf{21.502}$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z}$:	<u>0.766</u>	t
$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z}$:	<u>43.005</u>	t

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.242} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot Q1$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.	$M_{T,Ed}$:	<u>0.260</u>	t·m
--	------------	---	--------------	-----

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$M_{T,Rd}$:	<u>1.074</u>	t·m
------------	---	--------------	-----

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.	W_T	:	<u>69.68</u>	cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0}	:	<u>1.05</u>	

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.020$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 0.766 \quad t$$

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.260 \quad t \cdot m$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : 38.615 \quad t$$

Donde:

V_{pl,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : 43.005 \quad t$$

τ_{T,Ed}: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : 373.27 \quad kp/cm^2$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : 69.68 \quad cm^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2803.26 \quad kp/cm^2$$

γ_{MO}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : 1.05$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.001$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 0.175 \quad t$$

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.260 \quad t \cdot m$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : 137.423 \quad t$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$V_{pl,Rd}$: 153.045 t
 $\tau_{T,Ed}$: 373.27 kp/cm²

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

W_T : 69.68 cm³
 f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 2803.26 kp/cm²
 γ_{MO} : 1.05

Pilar hastial derecho trasero inferior

Perfil: HE 340 A Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud		Características mecánicas			
	Inicia l	Final l	d (m)	Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)
N5	N88	3.250	133.50	27690.00	7436.00	127.20
Notas: Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	0.86	0.00	0.00		
L_K	0.000	2.795	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: **0.22** ✓

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 : 2

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &: \frac{133.50}{} && \text{cm}^2 \\ \mathbf{f}_y &: \frac{2701.33}{} && \text{kp/cm}^2 \\ \mathbf{N}_{cr} &: \frac{7488.751}{} && \text{t} \end{aligned}$$

$$\mathbf{N}_{cr,y} : \frac{7488.751}{} \quad \text{t}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$\mathbf{N}_{cr,z} : \frac{\infty}{}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\mathbf{N}_{cr,T} : \frac{\infty}{}$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$\mathbf{I}_y : \frac{27690.00}{} \quad \text{cm}^4$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$\mathbf{I}_z : \frac{7436.00}{} \quad \text{cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\mathbf{I}_t : \frac{127.20}{} \quad \text{cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$\mathbf{I}_w : \frac{1824000.00}{} \quad \text{cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$\mathbf{E} : \frac{2140673}{} \quad \text{kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$\mathbf{G} : \frac{825688}{} \quad \text{kp/cm}^2$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$\mathbf{L}_{ky} : \frac{2.795}{} \quad \text{m}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$\mathbf{L}_{kz} : \frac{0.000}{} \quad \text{m}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$\mathbf{L}_{kt} : \frac{0.000}{} \quad \text{m}$$

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$\mathbf{i}_0 : \frac{16.22}{} \quad \text{cm}$$

Siendo:

i_y, **i_z**: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$\mathbf{i}_y : \frac{14.40}{} \quad \text{cm}$$

$$\mathbf{i}_z : \frac{7.46}{} \quad \text{cm}$$

y₀, **z₀**: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$\mathbf{y}_0 : \frac{0.00}{} \quad \text{mm}$$

$$\mathbf{z}_0 : \frac{0.00}{} \quad \text{mm}$$

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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$31.26 \leq 239.32$$



Donde:

h_w : Altura del alma.

t_w : Espesor del alma.

A_w : Área del alma.

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E : Módulo de elasticidad.

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

h_w	:	<u>297.00</u>	mm
t_w	:	<u>9.50</u>	mm
A_w	:	<u>28.22</u>	cm ²
$A_{fc,ef}$:	<u>49.50</u>	cm ²
k	:	<u>0.40</u>	
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf}	:	<u>2701.33</u>	kp/cm ²

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.012}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N88, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{4.286} \quad t$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{343.454} \quad t$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{133.50} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.023}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.024$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q2.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{c,Ed}} : \underline{8.057} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{343.454} \quad \text{t}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \underline{2}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \underline{133.50} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{M0}} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} : \underline{341.086} \quad \text{t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \underline{133.50} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{M1}} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\mathbf{\chi_y} : \underline{0.99}$$

Siendo:

$$\mathbf{\phi_y} : \underline{0.53}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\mathbf{\alpha_y} : \underline{0.34}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\mathbf{\bar{\lambda}_y} : \underline{0.22}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$\mathbf{N_{cr}} : \underline{7488.751} \quad \text{t}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,y} : \underline{7488.751} \quad t$$

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.166}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{7.921} \quad t \cdot m$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{6.668} \quad t \cdot m$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{47.595} \quad t \cdot m$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1850.00} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad kp/cm^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.221}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{4.293} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{3.991} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{19.447} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{755.90} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.061}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.853} \quad \text{t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{46.566} \quad \text{t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{31.35} \quad \text{cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{330.00} \quad \text{mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.50} \quad \text{mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2701.33 kp/cm² 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{31.26} < \mathbf{65.92}$$

Donde:

 λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 31.26 $\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 65.92 ε : Factor de reducción. ε : 0.94

Siendo:

 f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm² f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2701.33 kp/cm²**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.014} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 2.231 tEl esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por: $V_{c,Rd}$: 156.384 t

Donde:

 A_v : Área transversal a cortante. A_v : 105.29 cm²

Siendo:

 A : Área de la sección bruta. A : 133.50 cm² d : Altura del alma. d : 297.00 mm t_w : Espesor del alma. t_w : 9.50 mm f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y	:	<u>2701.33</u>	kp/cm ²
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0}	:	<u>1.05</u>	

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 2.853 \leq 23.283$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(180°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed}	:	<u>2.853</u>	t
$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd}$:	<u>46.566</u>	t

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 2.231 \leq 78.192$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed}	:	<u>2.231</u>	t
$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd}$:	<u>156.384</u>	t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.262} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.180} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.245} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N5, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

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.

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$N_{c,Ed}$:	<u>5.115</u>	t
$M_{y,Ed}^+$:	<u>2.021</u>	t·m
$M_{z,Ed}^-$:	<u>3.987</u>	t·m
Clase	:	<u>2</u>	
$N_{pl,Rd}$:	<u>343.454</u>	t
$M_{pl,Rd,y}$:	<u>47.595</u>	t·m
$M_{pl,Rd,z}$:	<u>19.447</u>	t·m
A	:	<u>133.50</u>	cm ²
$W_{pl,y}$:	<u>1850.00</u>	cm ³
$W_{pl,z}$:	<u>755.90</u>	cm ³
f_{yd}	:	<u>2572.69</u>	kp/cm ²
f_y	:	<u>2701.33</u>	kp/cm ²
γ_{M1}	:	<u>1.05</u>	
k_y	:	<u>1.00</u>	
k_z	:	<u>1.00</u>	
$C_{m,y}$:	<u>1.00</u>	
$C_{m,z}$:	<u>1.00</u>	
χ_y	:	<u>0.99</u>	
χ_z	:	<u>1.00</u>	
$\bar{\lambda}_y$:	<u>0.22</u>	
$\bar{\lambda}_z$:	<u>0.00</u>	
α_y	:	<u>0.60</u>	
α_z	:	<u>0.60</u>	

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H2$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$2.853 \leq 23.277$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{2.853}{1} \quad t$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{46.555}{1} \quad t$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \frac{0.041}{1}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \frac{0.047}{1} \quad t \cdot m$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \frac{1.145}{1} \quad t \cdot m$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \frac{77.09}{1} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.69}{1} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.33}{1} \quad kp/cm^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \frac{1.05}{1}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \frac{0.017}{1}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot Q2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \frac{0.779}{1} \quad t$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \frac{0.001}{1} \quad t \cdot m$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \frac{46.555}{1} \quad t$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \frac{46.566}{1} \quad t$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : \underline{\underline{0.87}} \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : \underline{\underline{77.09}} \text{ cm}^3$
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{\underline{2572.69}} \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{\underline{2701.33}} \text{ kp/cm}^2$
 γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{MO} : \underline{\underline{1.05}}$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$\eta < \underline{\underline{0.001}}$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q+1.5·Q2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{\underline{0.057}} \text{ t}$
 $M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : \underline{\underline{0.001}} \text{ t·m}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd} : \underline{\underline{156.348}} \text{ t}$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd} : \underline{\underline{156.384}} \text{ t}$
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : \underline{\underline{0.87}} \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

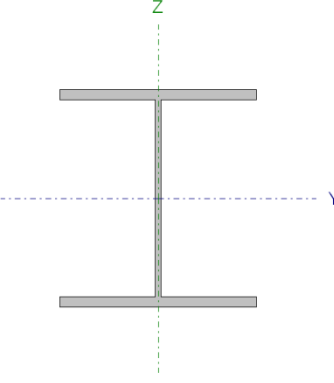
W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : \underline{\underline{77.09}} \text{ cm}^3$
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{\underline{2572.69}} \text{ kp/cm}^2$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{\underline{2701.33}} \text{ kp/cm}^2$
 γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{MO} : \underline{\underline{1.05}}$

Pilar hastial derecho trasero medio

Perfil: HE 340 A
Material: Acero (S275)

Perfil: HE 340 A Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicia I	Final I		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N88	N81	3.250	133.50	27690.00	7436.00	127.20
	Notas: Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	0.00	0.86	0.00	0.00		
	L _K	0.000	2.795	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 0.22



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.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

Clase : 2

A : 133.50 cm²

f_y : 2701.33 kp/cm²

N_{cr} : 7488.751 t

N_{cr,y} : 7488.751 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_w: Constante de alabeo de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

G: Módulo de elasticidad transversal.

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

I_y	:	<u>27690.00</u>	cm ⁴
I_z	:	<u>7436.00</u>	cm ⁴
I_t	:	<u>127.20</u>	cm ⁴
I_w	:	<u>1824000.00</u>	cm ⁶
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
G	:	<u>825688</u>	kp/cm ²
L_{ky}	:	<u>2.795</u>	m
L_{kz}	:	<u>0.000</u>	m
L_{kt}	:	<u>0.000</u>	m
i_o	:	<u>16.22</u>	cm

Siendo:

i_y, **i_z**: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

y_o, **z_o**: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

i_y	:	<u>14.40</u>	cm
i_z	:	<u>7.46</u>	cm
y_o	:	<u>0.00</u>	mm
z_o	:	<u>0.00</u>	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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

31.26 ≤ 239.32



Donde:

h_w: Altura del alma.

t_w: Espesor del alma.

A_w: Área del alma.

A_{fc,ef}: Área reducida del ala comprimida.

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

h_w	:	<u>297.00</u>	mm
t_w	:	<u>9.50</u>	mm
A_w	:	<u>28.22</u>	cm ²
A_{fc,ef}	:	<u>49.50</u>	cm ²
k	:	<u>0.40</u>	
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf}	:	<u>2701.33</u>	kp/cm ²

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.006}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.624 m del nudo N88, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{2.045} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{343.454} \quad \text{t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{133.50} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.022}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.022}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N88, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q2.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{7.482} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{c,Rd} : \underline{343.454} \quad \text{t}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \underline{2}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \underline{133.50} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{341.086} \text{ t}$$

Donde:

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{133.50} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.99}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.53}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.22}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{7488.751} \text{ t}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{7488.751} \text{ t}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.081}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N88, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{3.875} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N88, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{3.122} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{47.595} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1850.00} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.053}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.501 m del nudo N88, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.029} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.501 m del nudo N88, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.480} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{19.447} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{755.90} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.032}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.626 m del nudo N88, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.467} \quad \text{t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{46.566} \quad \text{t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{31.35} \quad \text{cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{330.00} \quad \text{mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.50} \quad \text{mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$31.26 < 65.92$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{31.26}$$

$\lambda_{\text{máx}}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{\text{máx}}$: 65.92

ε : Factor de reducción. ε : 0.94

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2701.33 kp/cm²

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{\text{Ed}}}{V_{\text{c,Rd}}} \leq 1$$

η : 0.007 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.626 m del nudo N88, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 1.151 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{\text{c,Rd}}$ viene dado por:

$V_{\text{c,Rd}}$: 156.384 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 105.29 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. A : 133.50 cm²

d : Altura del alma. d : 297.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 9.50 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{\text{c,Rd}}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$1.232 \leq 23.283$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \frac{1.232}{t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{46.566}{t}$$

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.989 \leq 78.192$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \frac{0.989}{t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{156.384}{t}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : 0.092 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : 0.089 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.938 m del nudo N88, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)1$.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \frac{0.586}{t}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \frac{2.949}{t \cdot m}$$

$$M_{z,Ed} : \frac{0.556}{t \cdot m}$$

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.

$$\text{Clase} : 2$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \frac{343.454}{t}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \frac{47.595}{t \cdot m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \frac{19.447}{t \cdot m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \frac{-2.884}{t \cdot m}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.	$\sigma_{com,Ed}$:	<u>155.89</u>	kp/cm ²
$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.	$W_{y,com}$:	<u>1850.00</u>	cm ³
A : Área de la sección bruta.	A	:	<u>133.50</u>	cm ²
$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.	$M_{b,Rd,y}$:	<u>47.595</u>	t·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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 1.232 \leq 23.277$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z}$:	<u>1.232</u>	t
$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z}$:	<u>46.555</u>	t

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.041} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.	$M_{T,Ed}$:	<u>0.047</u>	t·m
--	------------	---	--------------	-----

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$M_{T,Rd}$:	<u>1.145</u>	t·m
------------	---	--------------	-----

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.	W_T	:	<u>77.09</u>	cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd}	:	<u>2572.69</u>	kp/cm ²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y	:	<u>2701.33</u>	kp/cm ²
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0}	:	<u>1.05</u>	

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.017$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q+1.5·Q2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 0.779 \quad t$$

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.001 \quad t \cdot m$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : 46.555 \quad t$$

Donde:

V_{pl,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : 46.566 \quad t$$

τ_{T,Ed}: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : 0.87 \quad kp/cm^2$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : 77.09 \quad cm^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2572.69 \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2701.33 \quad kp/cm^2$$

γ_{MO}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : 1.05$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < 0.001$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q+1.5·Q2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 0.018 \quad t$$

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.001 \quad t \cdot m$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : 156.348 \quad t$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$V_{pl,Rd}$: 156.384 t
 $\tau_{T,Ed}$: 0.87 kp/cm²

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

W_T : 77.09 cm³
 f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 2701.33 kp/cm²
 γ_{M0} : 1.05

Pilar hastial derecho trasero superior

Perfil: HE 340 A Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud		Características mecánicas			
	Inicia l	Fina l	d (m)	Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)
N81	N6	1.500	133.50	27690.00	7436.00	127.20
Notas: Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	3.73	0.00	0.00		
L_K	0.000	5.595	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: **0.44** ✓

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 : 2

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &: \frac{133.50}{} && \text{cm}^2 \\ \mathbf{f}_y &: \frac{2701.33}{} && \text{kp/cm}^2 \\ \mathbf{N}_{cr} &: \frac{1868.843}{} && \text{t} \end{aligned}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$\mathbf{N}_{cr,y} : \frac{1868.843}{} \quad \text{t}$$

$$\mathbf{N}_{cr,z} : \frac{\infty}{}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\mathbf{N}_{cr,T} : \frac{\infty}{}$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$\mathbf{I}_y : \frac{27690.00}{} \quad \text{cm}^4$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$\mathbf{I}_z : \frac{7436.00}{} \quad \text{cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\mathbf{I}_t : \frac{127.20}{} \quad \text{cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$\mathbf{I}_w : \frac{1824000.00}{} \quad \text{cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$\mathbf{E} : \frac{2140673}{} \quad \text{kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$\mathbf{G} : \frac{825688}{} \quad \text{kp/cm}^2$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$\mathbf{L}_{ky} : \frac{5.595}{} \quad \text{m}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$\mathbf{L}_{kz} : \frac{0.000}{} \quad \text{m}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$\mathbf{L}_{kt} : \frac{0.000}{} \quad \text{m}$$

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$\mathbf{i}_0 : \frac{16.22}{} \quad \text{cm}$$

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$\mathbf{i}_y : \frac{14.40}{} \quad \text{cm}$$

$$\mathbf{i}_z : \frac{7.46}{} \quad \text{cm}$$

y₀, z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$\mathbf{y}_0 : \frac{0.00}{} \quad \text{mm}$$

$$\mathbf{z}_0 : \frac{0.00}{} \quad \text{mm}$$

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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$31.26 \leq 239.32$$



Donde:

h_w: Altura del alma.

t_w: Espesor del alma.

A_w: Área del alma.

A_{fc,ef}: Área reducida del ala comprimida.

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

h_w	:	<u>297.00</u>	mm
t_w	:	<u>9.50</u>	mm
A_w	:	<u>28.22</u>	cm ²
A_{fc,ef}	:	<u>49.50</u>	cm ²
k	:	<u>0.40</u>	
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf}	:	<u>2701.33</u>	kp/cm ²

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.006}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.447 m del nudo N81, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{1.921} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{343.454} \quad \text{t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{133.50} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.009}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.010$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N81, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{2.989} \quad t$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{343.454} \quad t$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{133.50} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{312.604} \quad t$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{133.50} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.91}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.64}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_{y} : \underline{0.44}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr} : \underline{1868.843} \quad t$$

$$N_{cr,y} : \underline{1868.843} \quad t$$

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.055}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.449 m del nudo N81, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{2.123} \quad t \cdot m$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.449 m del nudo N81, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{2.626} \quad t \cdot m$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{47.595} \quad t \cdot m$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1850.00} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad kp/cm^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.036}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N81, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^+} : \underline{0.668} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N81, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^-} : \underline{0.707} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

$$\mathbf{M_{c,Rd}} : \underline{19.447} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \underline{2}$$

W_{pl,z}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$\mathbf{W_{pl,z}} : \underline{755.90} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{Mo}} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.047}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.449 m del nudo N81, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{V_{Ed}} : \underline{2.209} \quad \text{t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

$$\mathbf{V_{c,Rd}} : \underline{46.566} \quad \text{t}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

$$\mathbf{A_v} : \underline{31.35} \quad \text{cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.	h :	<u>330.00</u>	mm
t_w : Espesor del alma.	t_w :	<u>9.50</u>	mm
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	<u>2572.69</u>	kp/cm ²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	<u>2701.33</u>	kp/cm ²
γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{MO} :	<u>1.05</u>	

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{31.26} < \mathbf{65.92}$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.	λ_w :	<u>31.26</u>	
---	------------------------	--------------	--

λ_{máx} : Esbeltez máxima.	λ_{máx} :	<u>65.92</u>	
---	--------------------------	--------------	--

ε : Factor de reducción.	ε :	<u>0.94</u>	
---------------------------------	------------	-------------	--

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.	f_{ref} :	<u>2395.51</u>	kp/cm ²
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	<u>2701.33</u>	kp/cm ²

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N81, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} :	<u>0.886</u>	t
--	-------------------------	--------------	---

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

V_{c,Rd}	:	<u>156.384</u>	t
-------------------------	---	----------------	---

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.	A_v :	<u>105.29</u>	cm ²
---	------------------------	---------------	-----------------

Siendo:			
A : Área de la sección bruta.	A	: <u>133.50</u>	cm ²
d : Altura del alma.	d	: <u>297.00</u>	mm
t_w : Espesor del alma.	t_w	: <u>9.50</u>	mm
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd}	: <u>2572.69</u>	kp/cm ²
Siendo:			
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y	: <u>2701.33</u>	kp/cm ²
γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{Mo}	: <u>1.05</u>	

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 **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 1.467 \leq 23.283$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed}	: <u>1.467</u>	t
V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd}	: <u>46.566</u>	t

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 **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.886 \leq 78.192$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed}	: <u>0.886</u>	t
V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd}	: <u>156.384</u>	t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : 0.063 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\underline{0.063}}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\underline{0.041}}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.449 m del nudo N81, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{\underline{2.524}} \quad t$$

M_{y,Ed}, **M_{z,Ed}**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{\underline{2.626}} \quad t \cdot m$$

$$M_{z,Ed} : \underline{\underline{0.001}} \quad t \cdot m$$

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.

$$Clase : \underline{\underline{2}}$$

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{\underline{343.454}} \quad t$$

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.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{\underline{47.595}} \quad t \cdot m$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{\underline{19.447}} \quad t \cdot m$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{\underline{133.50}} \quad cm^2$$

W_{pl,y}, **W_{pl,z}**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{\underline{1850.00}} \quad cm^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{\underline{755.90}} \quad cm^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{2572.69}} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{2701.33}} \quad kp/cm^2$$

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{\underline{1.05}}$$

k_y, **k_z**: Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{\underline{1.00}}$$

$$k_z : \underline{\underline{1.00}}$$

C_{m,y}, **C_{m,z}**: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$C_{m,z} : \underline{\underline{1.00}}$$

χ_y, **χ_z**: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{\underline{0.91}}$$

$$\chi_z : \underline{\underline{1.00}}$$

λ̄_y, **λ̄_z**: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{\underline{0.44}}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{\underline{0.00}}$$

α_y, **α_z**: Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{\underline{0.60}}$$

$$\alpha_z : \underline{\underline{0.60}}$$

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$1.467 \leq 23.277$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{1.467}{t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{46.555}{t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.041$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \frac{0.047}{t \cdot m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \frac{1.145}{t \cdot m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \frac{77.09}{cm^3}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.69}{kp/cm^2}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.33}{kp/cm^2}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \frac{1.05}{t}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.004$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot Q2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \frac{0.203}{t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \frac{0.001}{t \cdot m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{46.555} \quad t$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$V_{pl,Rd} : \underline{46.566} \quad t$$

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.87} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : \underline{77.09} \quad \text{cm}^3$$

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot Q_2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.035} \quad t$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \quad t \cdot m$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{156.348} \quad t$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$V_{pl,Rd} : \underline{156.384} \quad t$$

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.87} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : \underline{77.09} \quad \text{cm}^3$$

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{m0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{m0} : 1.05

Pilar hastial izquierdo trasero inferior

Perfil: HE 340 A Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud		Área (cm ²)	Características mecánicas		
	Inicia	Final		(m)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)
N3	N84	3.250	133.50	27690.00	7436.00	127.20
Notas: Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo			Pandeo lateral		
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	0.86	0.00	0.00		
L _k	0.000	2.795	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 0.22



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.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

Clase : 2

A : 133.50 cm²

f_y : 2701.33 kp/cm²

N_{cr} : 7488.751 t

N_{cr,y} : 7488.751 t

N_{cr,z} : ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \infty$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \frac{27690.00}{\text{cm}^4}$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \frac{7436.00}{\text{cm}^4}$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \frac{127.20}{\text{cm}^4}$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \frac{1824000.00}{\text{cm}^6}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \frac{2140673}{\text{kp/cm}^2}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \frac{825688}{\text{kp/cm}^2}$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \frac{2.795}{\text{m}}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \frac{0.000}{\text{m}}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \frac{0.000}{\text{m}}$$

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_o : \frac{16.22}{\text{cm}}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \frac{14.40}{\text{cm}}$$

y_o , z_o: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$i_z : \frac{7.46}{\text{cm}}$$

$$y_o : \frac{0.00}{\text{mm}}$$

$$z_o : \frac{0.00}{\text{mm}}$$

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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$31.26 \leq 239.32$$



Donde:

h_w: Altura del alma.

$$h_w : \frac{297.00}{\text{mm}}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \frac{9.50}{\text{mm}}$$

A_w: Área del alma.

$$A_w : \frac{28.22}{\text{cm}^2}$$

A_{fc,ef}: Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \frac{49.50}{\text{cm}^2}$$

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : \frac{0.40}{\text{cm}^2}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \frac{2140673}{\text{kp/cm}^2}$$

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \frac{2701.33}{\text{kp/cm}^2}$$

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\quad 0.020 \quad}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N84, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{\quad 6.812 \quad} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{\quad 343.454 \quad} \text{ t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{\quad 133.50 \quad} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{\quad 2572.69 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{\quad 2701.33 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{Mo} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\quad 0.028 \quad}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\quad 0.029 \quad}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{\quad 9.740 \quad} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{c,Rd} : \underline{\quad 343.454 \quad} \text{ t}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \underline{\quad 2 \quad}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &: \underline{133.50} && \text{cm}^2 \\ \mathbf{f_{yd}} &: \underline{2572.69} && \text{kp/cm}^2 \end{aligned}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{f_y} : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\mathbf{\gamma_{M0}} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} : \underline{341.086} \quad \text{t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &: \underline{133.50} && \text{cm}^2 \\ \mathbf{f_{yd}} &: \underline{2572.69} && \text{kp/cm}^2 \end{aligned}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\mathbf{f_y} : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\mathbf{\gamma_{M1}} : \underline{1.05}$$

$$\mathbf{\chi_y} : \underline{0.99}$$

Siendo:

α: Coeficiente de imperfección elástica.

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\mathbf{\phi_y} : \underline{0.53}$$

$$\mathbf{\alpha_y} : \underline{0.34}$$

$$\mathbf{\bar{\lambda}_y} : \underline{0.22}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\mathbf{N_{cr}} : \underline{7488.751} \quad \text{t}$$

$$\mathbf{N_{cr,y}} : \underline{7488.751} \quad \text{t}$$

$$\mathbf{N_{cr,z}} : \underline{\infty}$$

$$\mathbf{N_{cr,T}} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.113$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{5.066} \quad t \cdot m$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{5.391} \quad t \cdot m$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{47.595} \quad t \cdot m$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1850.00} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad kp/cm^2$$

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.283$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{5.504} \quad t \cdot m$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{5.090} \quad t \cdot m$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{19.447} \quad t \cdot m$$

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.

W_{pl,z}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

Clase : 2

W_{pl,z} : 755.90 cm³

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{Mo} : 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 : 0.016 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(180°)H1+0.75·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.732 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

V_{c,Rd} : 46.566 t

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

A_v : 31.35 cm²

Siendo:

h: Canto de la sección.

t_w: Espesor del alma.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

h : 330.00 mm

t_w : 9.50 mm

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{Mo} : 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \epsilon$$

31.26 < **65.92**

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 31.26

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 65.92

ε : Factor de reducción. ε : 0.94

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2701.33 kp/cm²

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 : 0.022 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 3.383 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 156.384 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 105.29 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 133.50 cm²

d : Altura del alma.

d : 297.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 9.50 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 1.05

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.732 \leq 23.283$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(180°)H1+0.75·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \frac{0.732}{t}$$

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{46.566}{t}$$

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 **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$3.383 \leq 78.192$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \frac{3.383}{t}$$

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{156.384}{t}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : 0.380 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.276 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.342 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)1.

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \frac{8.395}{t}$$

M_{y,Ed}, **M_{z,Ed}**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \frac{4.534}{t \cdot m}$$

$$M_{z,Ed} : \frac{5.056}{t \cdot m}$$

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.

$$Clase : \frac{2}{t}$$

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \frac{343.454}{t}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \frac{47.595}{\quad} \quad t \cdot m$$

$$M_{pl,Rd,z} : \frac{19.447}{\quad} \quad t \cdot m$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \frac{133.50}{\quad} \quad cm^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \frac{1850.00}{\quad} \quad cm^3$$

$$W_{pl,z} : \frac{755.90}{\quad} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2572.69}{\quad} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2701.33}{\quad} \quad kp/cm^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \frac{1.05}{\quad}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \frac{1.00}{\quad}$$

$$k_z : \frac{1.00}{\quad}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \frac{1.00}{\quad}$$

$$C_{m,z} : \frac{1.00}{\quad}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \frac{0.99}{\quad}$$

$$\chi_z : \frac{1.00}{\quad}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \frac{0.22}{\quad}$$

$$\bar{\lambda}_z : \frac{0.00}{\quad}$$

α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \frac{0.60}{\quad}$$

$$\alpha_z : \frac{0.60}{\quad}$$

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

$$V_{Ed,y} \leq \frac{V_{c,Rd,y}}{2}$$

$$3.383 \leq 78.185$$

Donde:

$V_{Ed,y}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,y} : \frac{3.383}{\quad} \quad t$$

$V_{c,Rd,y}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,y} : \frac{156.370}{\quad} \quad t$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.013$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(180°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.015} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.145} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{77.09} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.004$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q+1.5·Q2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.179} \quad \text{t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{46.561} \quad \text{t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{46.566} \quad \text{t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.35} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{77.09} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < 0.001$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot Q_2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\underline{0.014}} \quad t$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{\underline{0.000}} \quad t \cdot m$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{\underline{156.370}} \quad t$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{\underline{156.384}} \quad t$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{\underline{0.35}} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{\underline{77.09}} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{2572.69}} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{2701.33}} \quad kp/cm^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$$

Pilar hastial izquierdo trasero medio

Perfil: HE 340 A
Material: Acero (S275)

Perfil: HE 340 A Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
Inicia I	Final I					
N84	N74	3.250	133.50	27690.00	7436.00	127.20
Notas: Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
Pandeo	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	0.86	0.00	0.00		
L _K	0.000	2.795	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 0.22



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 : 2

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 133.50 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 7488.751 t

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} : 7488.751 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_w: Constante de alabeo de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

G: Módulo de elasticidad transversal.

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

I_y	:	<u>27690.00</u>	cm ⁴
I_z	:	<u>7436.00</u>	cm ⁴
I_t	:	<u>127.20</u>	cm ⁴
I_w	:	<u>1824000.00</u>	cm ⁶
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
G	:	<u>825688</u>	kp/cm ²
L_{ky}	:	<u>2.795</u>	m
L_{kz}	:	<u>0.000</u>	m
L_{kt}	:	<u>0.000</u>	m
i_o	:	<u>16.22</u>	cm

Siendo:

i_y, **i_z**: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

y_o, **z_o**: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

i_y	:	<u>14.40</u>	cm
i_z	:	<u>7.46</u>	cm
y_o	:	<u>0.00</u>	mm
z_o	:	<u>0.00</u>	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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$31.26 \leq 239.32$$



Donde:

h_w: Altura del alma.

t_w: Espesor del alma.

A_w: Área del alma.

A_{fc,ef}: Área reducida del ala comprimida.

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

h_w	:	<u>297.00</u>	mm
t_w	:	<u>9.50</u>	mm
A_w	:	<u>28.22</u>	cm ²
A_{fc,ef}	:	<u>49.50</u>	cm ²
k	:	<u>0.40</u>	
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf}	:	<u>2701.33</u>	kp/cm ²

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.009}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.624 m del nudo N84, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{3.078} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{343.454} \quad \text{t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{133.50} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.023}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.023}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N84, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q1.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{7.858} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{c,Rd} : \underline{343.454} \quad \text{t}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \underline{2}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \underline{133.50} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{341.086} \quad \text{t}$$

Donde:

 A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{133.50} \quad \text{cm}^2$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

 γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

 χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.99}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.53}$$

 α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

 $\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.22}$$

 N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{7488.751} \quad \text{t}$$

 $N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{7488.751} \quad \text{t}$$

 $N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

 $N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.063}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N84, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{2.800} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N84, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{3.014} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{47.595} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1850.00} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.057}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.501 m del nudo N84, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.117} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.501 m del nudo N84, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.970} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{19.447} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

W_{pl,z}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

W_{pl,z} : 755.90 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 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 : 0.016 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(180°)H1+0.75·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.732 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

V_{c,Rd} : 46.566 t

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

A_v : 31.35 cm²

Siendo:

h: Canto de la sección.

h : 330.00 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 9.50 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \epsilon$$

31.26 < **65.92**

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

λ_w : 31.26

$\lambda_{\text{máx}}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{\text{máx}}$: 65.92

ε : Factor de reducción. ε : 0.94

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2701.33 kp/cm²

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{\text{Ed}}}{V_{\text{c,Rd}}} \leq 1$$

η : 0.013 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.626 m del nudo N84, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 2.055 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{\text{c,Rd}}$ viene dado por:

$V_{\text{c,Rd}}$: 156.384 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 105.29 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. A : 133.50 cm²

d : Altura del alma. d : 297.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 9.50 mm

$f_{y,d}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{y,d}$: 2572.69 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{\text{c,Rd}}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.732 \leq 23.283$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(180°)H1+0.75·N(R)1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \frac{0.732}{1} \quad t$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{46.566}{1} \quad t$$

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$1.312 \leq 78.192$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(0°)H3+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \frac{1.312}{1} \quad t$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{156.384}{1} \quad t$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : 0.107 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.090 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.086 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.750 m del nudo N84, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \frac{4.237}{1} \quad t$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^- : \frac{2.503}{1} \quad t \cdot m$$

$$M_{z,Ed}^+ : \frac{0.813}{1} \quad t \cdot m$$

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.

$$\text{Clase} : \frac{2}{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \frac{343.454}{1} \quad t$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{\underline{47.595}} \quad t \cdot m$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{\underline{19.447}} \quad t \cdot m$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{\underline{133.50}} \quad cm^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{\underline{1850.00}} \quad cm^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{\underline{755.90}} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{2572.69}} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{2701.33}} \quad kp/cm^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{\underline{1.05}}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{\underline{1.00}}$$

$$k_z : \underline{\underline{1.00}}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{\underline{1.00}}$$

$$C_{m,z} : \underline{\underline{1.00}}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \underline{\underline{0.99}}$$

$$\chi_z : \underline{\underline{1.00}}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{\underline{0.22}}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{\underline{0.00}}$$

α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{\underline{0.60}}$$

$$\alpha_z : \underline{\underline{0.60}}$$

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.732 \leq 23.281$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{\underline{0.732}} \quad t$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{\underline{46.561}} \quad t$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.013$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(180°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.015} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.145} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{77.09} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.004$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q+1.5·Q2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.179} \quad \text{t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{46.561} \quad \text{t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{46.566} \quad \text{t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.35} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{77.09} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < 0.001$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot Q_2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\underline{0.006}} \quad t$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{\underline{0.000}} \quad t \cdot m$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{\underline{156.370}} \quad t$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{\underline{156.384}} \quad t$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{\underline{0.35}} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{\underline{77.09}} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{2572.69}} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{2701.33}} \quad kp/cm^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$$

Pilar hastial izquierdo trasero superior

Perfil: HE 340 A
Material: Acero (S275)

Perfil: HE 340 A Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
Inicia I	Final I					
N74	N4	1.500	133.50	27690.00	7436.00	127.20
Notas: Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
β	Pandeo		Pandeo lateral		Ala inf.	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.			
	0.00	3.73	0.00		0.00	
L _K	0.000	5.595	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 0.44



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 : 2

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 133.50 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 1868.843 t

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} : 1868.843 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_w: Constante de alabeo de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

G: Módulo de elasticidad transversal.

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

I_y	:	<u>27690.00</u>	cm ⁴
I_z	:	<u>7436.00</u>	cm ⁴
I_t	:	<u>127.20</u>	cm ⁴
I_w	:	<u>1824000.00</u>	cm ⁶
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
G	:	<u>825688</u>	kp/cm ²
L_{ky}	:	<u>5.595</u>	m
L_{kz}	:	<u>0.000</u>	m
L_{kt}	:	<u>0.000</u>	m
i_o	:	<u>16.22</u>	cm

Siendo:

i_y, **i_z**: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

y_o, **z_o**: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

i_y	:	<u>14.40</u>	cm
i_z	:	<u>7.46</u>	cm
y_o	:	<u>0.00</u>	mm
z_o	:	<u>0.00</u>	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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$31.26 \leq 239.32$$



Donde:

h_w: Altura del alma.

t_w: Espesor del alma.

A_w: Área del alma.

A_{fc,ef}: Área reducida del ala comprimida.

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

h_w	:	<u>297.00</u>	mm
t_w	:	<u>9.50</u>	mm
A_w	:	<u>28.22</u>	cm ²
A_{fc,ef}	:	<u>49.50</u>	cm ²
k	:	<u>0.40</u>	
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf}	:	<u>2701.33</u>	kp/cm ²

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.008}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.373 m del nudo N74, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{2.671} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{343.454} \quad \text{t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{133.50} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.013}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.015}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N74, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{4.551} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{c,Rd} : \underline{343.454} \quad \text{t}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \underline{2}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \underline{133.50} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{312.604} \quad \text{t}$$

Donde:

 A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{133.50} \quad \text{cm}^2$$

 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

 γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

 χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.91}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.64}$$

 α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

 $\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.44}$$

 N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{1868.843} \quad \text{t}$$

 $N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{1868.843} \quad \text{t}$$

 $N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

 $N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.025}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N74, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.399} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N74, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.171} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{47.595} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1850.00} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2572.69} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2701.33} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.053}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N74, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.961} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N74, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.021} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{19.447} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de

$$\text{Clase} : \underline{2}$$

deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

W_{pl,z}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

W_{pl,z} : 755.90 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 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 : 0.016 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.757 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

V_{c,Rd} : 46.566 t

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

A_v : 31.35 cm²

Siendo:

h: Canto de la sección.

h : 330.00 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 9.50 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \epsilon$$

31.26 < **65.92**

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

λ_w : 31.26

$\lambda_{\text{máx}}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{\text{máx}}$: 65.92

ε : Factor de reducción. ε : 0.94

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2701.33 kp/cm²

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{\text{Ed}}}{V_{\text{c,Rd}}} \leq 1$$

η : 0.009 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N74, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 1.387 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{\text{c,Rd}}$ viene dado por:

$V_{\text{c,Rd}}$: 156.384 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 105.29 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. A : 133.50 cm²

d : Altura del alma. d : 297.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 9.50 mm

$f_{y,d}$: Resistencia de cálculo del acero. $f_{y,d}$: 2572.69 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{\text{c,Rd}}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.757 \leq 23.283$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \frac{0.757}{t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{46.566}{t}$$

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$1.387 \leq 78.192$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \frac{1.387}{t}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{156.384}{t}$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : 0.082 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : 0.072 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.175 m del nudo N74, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \frac{1.860}{t}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \frac{1.133}{t \cdot m}$$

$$M_{z,Ed} : \frac{1.021}{t \cdot m}$$

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.

$$\text{Clase} : 2$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \frac{343.454}{t}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \frac{47.595}{t \cdot m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \frac{19.447}{t \cdot m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \frac{-0.927}{t \cdot m}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.	$\sigma_{com,Ed}$:	<u>50.13</u>	kp/cm ²
$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.	$W_{y,com}$:	<u>1850.00</u>	cm ³
A : Área de la sección bruta.	A	:	<u>133.50</u>	cm ²
$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.	$M_{b,Rd,y}$:	<u>47.595</u>	t·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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q1$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad \mathbf{0.757} \leq \mathbf{23.281}$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z}$:	<u>0.757</u>	t
$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z}$:	<u>46.561</u>	t

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.013} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.	$M_{T,Ed}$:	<u>0.015</u>	t·m
--	------------	---	--------------	-----

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$M_{T,Rd}$:	<u>1.145</u>	t·m
------------	---	--------------	-----

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.	W_T	:	<u>77.09</u>	cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd}	:	<u>2572.69</u>	kp/cm ²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y	:	<u>2701.33</u>	kp/cm ²
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0}	:	<u>1.05</u>	

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.004$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q+1.5·Q2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 0.179 \quad t$$

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.000 \quad t \cdot m$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : 46.561 \quad t$$

Donde:

V_{pl,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : 46.566 \quad t$$

τ_{T,Ed}: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : 0.35 \quad kp/cm^2$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : 77.09 \quad cm^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2572.69 \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2701.33 \quad kp/cm^2$$

γ_{MO}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : 1.05$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < 0.001$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q+1.5·Q2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 0.010 \quad t$$

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.000 \quad t \cdot m$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : 156.370 \quad t$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$V_{pl,Rd}$: 156.384 t
 $\tau_{T,Ed}$: 0.35 kp/cm²

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

W_T : 77.09 cm³
 f_{yd} : 2572.69 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

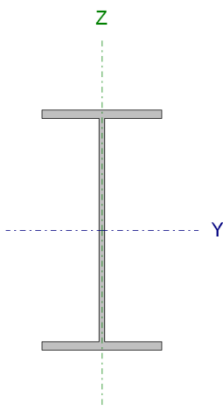
f_y : 2701.33 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

3.2.2 PILAR TEJAVANA

Pilar hastial tejavana delantero

Perfil: IPE 270, Simple con cartelas Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)
	N43	N44	4.950	45.90	5790.00	419.90	15.94
	Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N43) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β	0.00	1.00	0.00	0.00			
L_k	0.000	4.950	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 0.51



Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación

Clase : 3

y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &: \underline{45.90} && \text{cm}^2 \\ \mathbf{f}_y &: \underline{2803.26} && \text{kp/cm}^2 \\ \mathbf{N}_{cr} &: \underline{499.250} && \text{t} \end{aligned}$$

$$\mathbf{N}_{cr,y} : \underline{499.250} \quad \text{t}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$\mathbf{N}_{cr,z} : \underline{\infty}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\mathbf{N}_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$\mathbf{I}_y : \underline{5790.00} \quad \text{cm}^4$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$\mathbf{I}_z : \underline{419.90} \quad \text{cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\mathbf{I}_t : \underline{15.94} \quad \text{cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$\mathbf{I}_w : \underline{70580.00} \quad \text{cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$\mathbf{E} : \underline{2140673} \quad \text{kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$\mathbf{G} : \underline{825688} \quad \text{kp/cm}^2$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$\mathbf{L}_{ky} : \underline{4.950} \quad \text{m}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$\mathbf{L}_{kz} : \underline{0.000} \quad \text{m}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$\mathbf{L}_{kt} : \underline{0.000} \quad \text{m}$$

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$\mathbf{i}_0 : \underline{11.63} \quad \text{cm}$$

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$\mathbf{i}_y : \underline{11.23} \quad \text{cm}$$

$$\mathbf{i}_z : \underline{3.02} \quad \text{cm}$$

y₀, z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$\mathbf{y}_0 : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

$$\mathbf{z}_0 : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$37.82 \leq 250.57$$



Donde:

h_w: Altura del alma.**t_w**: Espesor del alma.**A_w**: Área del alma.**A_{fc,ef}**: Área reducida del ala comprimida.**k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección.**E**: Módulo de elasticidad.**f_{yf}**: Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

h_w	:	<u>249.60</u>	mm
t_w	:	<u>6.60</u>	mm
A_w	:	<u>16.47</u>	cm ²
A_{fc,ef}	:	<u>13.77</u>	cm ²
k	:	<u>0.30</u>	
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf}	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.018$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.901 m del nudo N43, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{2.213} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{122.543} \quad \text{t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.**f_{yd}**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{A} : \underline{45.90} \quad \text{cm}^2$$

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)**γ_{Mo}**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{f}_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

$$\mathbf{\gamma_{Mo}} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.025 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.027 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N43, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{3.089} \quad t$$

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{122.543} \quad t$$

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.

$$Clase : \underline{3}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{45.90} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{112.969} \quad t$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{45.90} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.92}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.66}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.51}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr}	:	<u>499.250</u>	t
$N_{cr,y}$:	<u>499.250</u>	t
$N_{cr,z}$:	<u>∞</u>	
$N_{cr,T}$:	<u>∞</u>	

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.284}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N43, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(0°)H4.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{3.666} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N43, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{3.593} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{12.922} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{484.00} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.690$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N43, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 1.786 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N43, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 1.168 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 2.588 \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : 96.95 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : 1.05$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.075$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N43, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 2.070 \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : 27.468 \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : 17.82 \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : 270.00 \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : 6.60 \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

$$37.82 < 64.71$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{37.82}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

ε : Factor de reducción.

$$\varepsilon : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{2395.51} \quad \text{kp/cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.040} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N43, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.798} \quad \text{t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{45.358} \quad \text{t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{29.43} \quad \text{cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{45.90} \quad \text{cm}^2$$

d : Altura del alma.	d :	<u>249.60</u>	mm
t_w : Espesor del alma.	t_w :	<u>6.60</u>	mm
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	<u>2669.77</u>	kp/cm ²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{Mo} :	<u>1.05</u>	

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 **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 2.070 \leq 13.734$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} :	<u>2.070</u>	t
V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd} :	<u>27.468</u>	t

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 **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 1.798 \leq 22.679$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(0°)H3+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} :	<u>1.798</u>	t
V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd} :	<u>45.358</u>	t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.887} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.613} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\underline{0.814}}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N43, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

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.

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$N_{c,Ed}$:	<u>1.619</u>	t
$M_{y,Ed}^+$:	<u>2.383</u>	t·m
$M_{z,Ed}^+$:	<u>1.785</u>	t·m
Clase	:	<u>1</u>	
$N_{pl,Rd}$:	<u>122.543</u>	t
$M_{pl,Rd,y}$:	<u>12.922</u>	t·m
$M_{pl,Rd,z}$:	<u>2.588</u>	t·m
A	:	<u>45.90</u>	cm ²
$W_{pl,y}$:	<u>484.00</u>	cm ³
$W_{pl,z}$:	<u>96.95</u>	cm ³
f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²
f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{M1}	:	<u>1.05</u>	
k_y	:	<u>1.00</u>	
k_z	:	<u>1.00</u>	
$C_{m,y}$:	<u>1.00</u>	
$C_{m,z}$:	<u>1.00</u>	
χ_y	:	<u>0.92</u>	
χ_z	:	<u>1.00</u>	
$\bar{\lambda}_y$:	<u>0.51</u>	
$\bar{\lambda}_z$:	<u>0.00</u>	
α_y	:	<u>0.60</u>	
α_z	:	<u>0.60</u>	

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(EI)$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$2.070 \leq 13.734$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{2.070}{t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{27.468}{t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.042$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \frac{0.010}{t \cdot m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \frac{0.241}{t \cdot m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \frac{15.63}{cm^3}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2669.77}{kp/cm^2}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2803.26}{kp/cm^2}$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \frac{1.05}{t}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.002$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot Q1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \frac{0.067}{t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \frac{0.001}{t \cdot m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{27.444} \quad t$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{27.468} \quad t$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{3.36} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{15.63} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot Q1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.001} \quad t$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \quad t \cdot m$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{45.318} \quad t$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{45.358} \quad t$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{3.36} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{15.63} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Pilar hastial tejavana trasero

Perfil: IPE 270, Simple con cartelas Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾				
		Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)	
Inicial: N1	Final: N2	4.950	45.90	5790.00	419.90	15.94
Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N1) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		0.00	1.00	0.00	0.00	
L _K		0.000	4.950	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 0.51



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.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

Clase : 3

A : 45.90 cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : 499.250 t

N_{cr,y} : 499.250 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\hspace{2cm}} \infty$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\hspace{2cm}} \infty$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{\hspace{2cm}} 5790.00 \quad \text{cm}^4$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{\hspace{2cm}} 419.90 \quad \text{cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{\hspace{2cm}} 15.94 \quad \text{cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{\hspace{2cm}} 70580.00 \quad \text{cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{\hspace{2cm}} 2140673 \quad \text{kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{\hspace{2cm}} 825688 \quad \text{kp/cm}^2$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{\hspace{2cm}} 4.950 \quad \text{m}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{\hspace{2cm}} 0.000 \quad \text{m}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{\hspace{2cm}} 0.000 \quad \text{m}$$

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_o : \underline{\hspace{2cm}} 11.63 \quad \text{cm}$$

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{\hspace{2cm}} 11.23 \quad \text{cm}$$

$$i_z : \underline{\hspace{2cm}} 3.02 \quad \text{cm}$$

y_o, z_o: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_o : \underline{\hspace{2cm}} 0.00 \quad \text{mm}$$

$$z_o : \underline{\hspace{2cm}} 0.00 \quad \text{mm}$$

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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$37.82 \leq 250.57$$



Donde:

h_w: Altura del alma.

$$h_w : \underline{\hspace{2cm}} 249.60 \quad \text{mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\hspace{2cm}} 6.60 \quad \text{mm}$$

A_w: Área del alma.

$$A_w : \underline{\hspace{2cm}} 16.47 \quad \text{cm}^2$$

A_{fc,ef}: Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \underline{\hspace{2cm}} 13.77 \quad \text{cm}^2$$

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : \underline{\hspace{2cm}} 0.30$$

E: Módulo de elasticidad.

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

E : 2140673 kp/cm²
f_{yf} : 2803.26 kp/cm²

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 : 0.013 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.901 m del nudo N1, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 1.565 t

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

N_{t,Rd} : 122.543 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 45.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 1.05

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 : 0.025 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : 0.027 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

N_{c,Ed} : 3.094 t

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

N_{c,Rd} : 122.543 t

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de

Clase : 3

deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &: \underline{45.90} && \text{cm}^2 \\ \mathbf{f_{yd}} &: \underline{2669.77} && \text{kp/cm}^2 \end{aligned}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\begin{aligned} \mathbf{f_y} &: \underline{2803.26} && \text{kp/cm}^2 \\ \mathbf{\gamma_{M0}} &: \underline{1.05} \end{aligned}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} : \underline{112.969} \quad \text{t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &: \underline{45.90} && \text{cm}^2 \\ \mathbf{f_{yd}} &: \underline{2669.77} && \text{kp/cm}^2 \end{aligned}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\begin{aligned} \mathbf{f_y} &: \underline{2803.26} && \text{kp/cm}^2 \\ \mathbf{\gamma_{M1}} &: \underline{1.05} \\ \mathbf{\chi_y} &: \underline{0.92} \end{aligned}$$

Siendo:

α: Coeficiente de imperfección elástica.

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\begin{aligned} \mathbf{\phi_y} &: \underline{0.66} \\ \mathbf{\alpha_y} &: \underline{0.21} \\ \mathbf{\bar{\lambda}_y} &: \underline{0.51} \end{aligned}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\begin{aligned} \mathbf{N_{cr}} &: \underline{499.250} && \text{t} \\ \mathbf{N_{cr,y}} &: \underline{499.250} && \text{t} \\ \mathbf{N_{cr,z}} &: \underline{\infty} \\ \mathbf{N_{cr,T}} &: \underline{\infty} \end{aligned}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.280}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{3.572} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{3.619} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{12.922} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{484.00} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.690}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.476} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{1.786} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{2.588} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

Clase : 1

$W_{pl,z}$: 96.95 cm³

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 2803.26 kp/cm²

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 : 0.067 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(0°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 1.852 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 27.468 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 17.82 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección.

t_w : Espesor del alma.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

h : 270.00 mm

t_w : 6.60 mm

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 2803.26 kp/cm²

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \epsilon$$

37.82 < **64.71**

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 37.82

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ε : Factor de reducción. ε : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

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 : 0.040



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(0°)H3+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 1.798 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 45.358 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 29.43 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. A : 45.90 cm²

d : Altura del alma. d : 249.60 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 6.60 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{MO} : 1.05

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 1.852 \leq 13.734$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed}	:	<u>1.852</u>	t
$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd}$:	<u>27.468</u>	t

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 1.798 \leq 22.679$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed}	:	<u>1.798</u>	t
$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd}$:	<u>45.358</u>	t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : 0.881 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : 0.606 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : 0.807 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3$.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed}$:	<u>0.922</u>	t
$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^+$:	<u>2.383</u>	t·m
	$M_{z,Ed}^-$:	<u>1.783</u>	t·m
Clase : Clase de la sección, según la capacidad de deformación	Clase	:	<u>1</u>	

y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A : Área de la sección bruta.

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$N_{pl,Rd}$:	<u>122.543</u>	t
$M_{pl,Rd,y}$:	<u>12.922</u>	t·m
$M_{pl,Rd,z}$:	<u>2.588</u>	t·m
A	:	<u>45.90</u>	cm ²
$W_{pl,y}$:	<u>484.00</u>	cm ³
$W_{pl,z}$:	<u>96.95</u>	cm ³
f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{M1}	:	<u>1.05</u>	
k_y	:	<u>1.00</u>	
k_z	:	<u>1.00</u>	

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$C_{m,y}$:	<u>1.00</u>	
$C_{m,z}$:	<u>1.00</u>	
χ_y	:	<u>0.92</u>	
χ_z	:	<u>1.00</u>	
$\bar{\lambda}_y$:	<u>0.51</u>	
$\bar{\lambda}_z$:	<u>0.00</u>	
α_y	:	<u>0.60</u>	
α_z	:	<u>0.60</u>	

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(0°)H2.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$1.852 \leq 13.734$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{Ed,z}$:	<u>1.852</u>	t
$V_{c,Rd,z}$:	<u>27.468</u>	t

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \quad \mathbf{0.042} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(0°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \quad \underline{0.010} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \quad \underline{0.241} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \quad \underline{15.63} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \quad \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \quad \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \quad \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \quad \mathbf{0.038} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \quad \underline{1.039} \quad \text{t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \quad \underline{0.003} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \quad \underline{27.327} \quad \text{t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \quad \underline{27.468} \quad \text{t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \quad \underline{19.65} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \quad \underline{15.63} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \quad \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm² 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 : **0.012**

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.519 t $M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: 0.003 t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

 $V_{pl,T,Rd}$: 45.126 t

Donde:

 $V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: 45.358 t $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: 19.65 kp/cm²

Siendo:

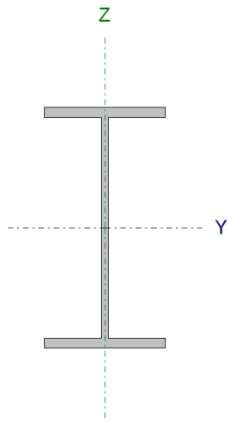
 W_T : Módulo de resistencia a torsión. W_T : 15.63 cm³ f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm² γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : 1.05

3.2.3 DINTEL NAVE

Dintel hastial derecho superior

Perfil: IPE 180, Simple con cartelas (Cartela final inferior: 1.00 m.) Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)
	N58	N7	3.611	23.90	1317.00	100.90	4.79
Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N58) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β	0.00	1.00	0.00	0.00			
L _k	0.000	3.611	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: **0.56**



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.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

Clase : 2

A : 23.90 cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : 213.377 t

N_{cr,y} : 213.377 t

N_{cr,z} : ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \infty$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{1317.00} \quad \text{cm}^4$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{100.90} \quad \text{cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{4.79} \quad \text{cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{7430.00} \quad \text{cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \quad \text{kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \quad \text{kp/cm}^2$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{3.611} \quad \text{m}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{0.000} \quad \text{m}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \quad \text{m}$$

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{7.70} \quad \text{cm}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{7.42} \quad \text{cm}$$

$$i_z : \underline{2.05} \quad \text{cm}$$

y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_0 : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$59.53 \leq 347.20$$



Donde:

h_w: Altura del alma.

$$h_w : \underline{315.51} \quad \text{mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.30} \quad \text{mm}$$

A_w: Área del alma.

$$A_w : \underline{16.72} \quad \text{cm}^2$$

A_{fc,ef}: Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \underline{7.28} \quad \text{cm}^2$$

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : \underline{0.30}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \quad \text{kp/cm}^2$$

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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 : 0.102 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.612 m del nudo N58, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 6.489 t

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

N_{t,Rd} : 63.808 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 23.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 1.05

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 : 0.051 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : 0.056 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.612 m del nudo N58, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

N_{c,Ed} : 3.239 t

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

N_{c,Rd} : 63.808 t

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de

Clase : 2

deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{aligned} A &: \underline{23.90} && \text{cm}^2 \\ f_{yd} &: \underline{2669.77} && \text{kp/cm}^2 \end{aligned}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\begin{aligned} f_y &: \underline{2803.26} && \text{kp/cm}^2 \\ \gamma_{M0} &: \underline{1.05} \end{aligned}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{57.709} \quad \text{t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{aligned} A &: \underline{23.90} && \text{cm}^2 \\ f_{yd} &: \underline{2669.77} && \text{kp/cm}^2 \end{aligned}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\begin{aligned} f_y &: \underline{2803.26} && \text{kp/cm}^2 \\ \gamma_{M1} &: \underline{1.05} \\ \chi_y &: \underline{0.90} \end{aligned}$$

Siendo:

α: Coeficiente de imperfección elástica.

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\begin{aligned} \phi_y &: \underline{0.69} \\ \alpha_y &: \underline{0.21} \\ \bar{\lambda}_y &: \underline{0.56} \end{aligned}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\begin{aligned} N_{cr} &: \underline{213.377} && \text{t} \\ N_{cr,y} &: \underline{213.377} && \text{t} \\ N_{cr,z} &: \underline{\infty} \\ N_{cr,T} &: \underline{\infty} \end{aligned}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.665}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.931} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(180^\circ)H3 + 1.5 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{2.956} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{4.443} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{166.40} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.258}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.222} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.238} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{0.924} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

W_{pl,z}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

Clase : 1

W_{pl,z} : 34.60 cm³

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo} : 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 : 0.191 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180°)H3+1.5·N(EI).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 2.807 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

V_{c,Rd} : 14.705 t

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

A_v : 9.54 cm²

Siendo:

h: Canto de la sección.

t_w: Espesor del alma.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

h : 180.00 mm

t_w : 5.30 mm

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo} : 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \epsilon$$

30.94 < **64.71**

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 30.94

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ϵ : Factor de reducción. ϵ : 0.92

Siendo:


f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

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 : 0.010 

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.223 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 23.442 t

Donde:

A_v : rea transversal a cortante. A_v : 15.21 cm²

Siendo:

A : rea de la sección bruta. A : 23.90 cm²

d : Altura del alma. d : 164.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 5.30 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{MO} : 1.05

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$2.807 \leq 7.352$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(180^\circ)H3 + 1.5 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \frac{2.807}{\quad} \quad t$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{14.705}{\quad} \quad t$$

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.223 \leq 11.721$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \frac{0.223}{\quad} \quad t$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \frac{23.442}{\quad} \quad t$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : 0.888 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : 0.775 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N58, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \frac{4.018}{\quad} \quad t$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \frac{2.519}{\quad} \quad t \cdot m$$

$$M_{z,Ed} : \frac{0.238}{\quad} \quad t \cdot m$$

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.

$$\text{Clase} : \frac{1}{\quad}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \frac{63.808}{\quad} \quad t$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{4.443} \quad t \cdot m$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{0.924} \quad t \cdot m$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{-2.295} \quad t \cdot m$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{1379.50} \quad kp/cm^2$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{166.40} \quad cm^3$$

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{23.90} \quad cm^2$$

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{4.443} \quad t \cdot m$$

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(180^\circ)H3 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$2.807 \leq 7.347$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{2.807} \quad t$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{14.694} \quad t$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.033}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.003} \quad t \cdot m$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{0.092} \quad t \cdot m$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{5.99} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad kp/cm^2$$


Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0}	:	<u>1.05</u>	

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	:	0.047	
--------	---	--------------	---

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.612 m del nudo N58, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed}	:	<u>0.693</u>	t
----------	---	--------------	---

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$:	<u>0.001</u>	t·m
------------	---	--------------	-----

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$:	<u>14.667</u>	t
---------------	---	---------------	---

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$:	<u>14.705</u>	t
-------------	---	---------------	---

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$:	<u>10.05</u>	kp/cm ²
---------------	---	--------------	--------------------

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T	:	<u>5.99</u>	cm ³
-------	---	-------------	-----------------

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²
----------	---	----------------	--------------------

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
-------	---	----------------	--------------------


γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0}	:	<u>1.05</u>	
---------------	---	-------------	--

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	:	0.003	
--------	---	--------------	---

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N58, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\underline{0.080}} \quad t$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{\underline{0.001}} \quad t \cdot m$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{\underline{23.353}} \quad t$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{\underline{23.442}} \quad t$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{\underline{14.58}} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{\underline{5.99}} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{2669.77}} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

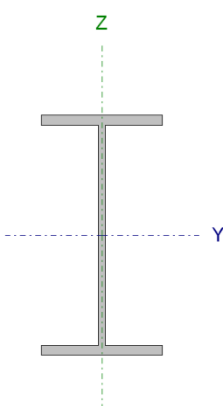
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{2803.26}} \quad kp/cm^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$$

Dintel hastial derecho inferior

Perfil: IPE 180, Simple con cartelas (Cartela final inferior: 1.00 m.) Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)
	N6	N58	6.706	23.90	1317.00	100.90	4.79
Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N6) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
				Pandeo		Pandeo lateral	
				Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
	β			0.00	1.00	0.00	0.00
	L_K			0.000	6.706	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 1.04 ✓

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.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

Clase : 2

A : 23.90 cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : 61.867 t

N_{cr,y} : 61.867 t

N_{cr,z} : ∞

N_{cr,T} : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_w: Constante de alabeo de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

G: Módulo de elasticidad transversal.

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

I_y : 1317.00 cm⁴

I_z : 100.90 cm⁴

I_t : 4.79 cm⁴

I_w : 7430.00 cm⁶

E : 2140673 kp/cm²

G : 825688 kp/cm²

L_{ky} : 6.706 m

L_{kz} : 0.000 m

L_{kt} : 0.000 m

i_o : 7.70 cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

y_o , z_o: Coordenadas del centro de

i_y : 7.42 cm

i_z : 2.05 cm

y_o : 0.00 mm

torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$z_0 : \underline{\quad 0.00 \quad} \text{ mm}$$

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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$30.94 \leq 250.32$$



Donde:

- h_w**: Altura del alma.
 - t_w**: Espesor del alma.
 - A_w**: Área del alma.
 - A_{fc,ef}**: Área reducida del ala comprimida.
 - k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección.
 - E**: Módulo de elasticidad.
 - f_{yf}**: Límite elástico del acero del ala comprimida.
- Siendo:

h_w	:	164.00	mm
t_w	:	5.30	mm
A_w	:	8.69	cm ²
A_{fc,ef}	:	7.28	cm ²
k	:	0.30	
E	:	2140673	kp/cm ²
f_{yf}	:	2803.26	kp/cm ²

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\quad 0.036 \quad}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{\quad 2.298 \quad} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{\quad 63.808 \quad} \text{ t}$$

Donde:

- A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.
- f_{yd}**: Resistencia de cálculo del acero.

A	:	23.90	cm ²
f_{yd}	:	2669.77	kp/cm ²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 2803.26 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

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	:	0.064	✓
$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$	η	:	0.100	✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.171 m del nudo N6, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

N_{c,Ed} : 4.079 t

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

N_{c,Rd} : 63.808 t

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 : 2

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 23.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

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 **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

N_{b,Rd} : 40.655 t

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 23.90 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : 0.64

Siendo:

α : Coeficiente de imperfección elástica.
 $\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

ϕ_y : 1.13
 α_y : 0.21
 $\bar{\lambda}_y$: 1.04

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr} : 61.867 t
 $N_{cr,y}$: 61.867 t
 $N_{cr,z}$: ∞
 $N_{cr,T}$: ∞

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 : **0.624**



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 1.731 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 2.773 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 4.443 t·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.

$W_{pl,y}$: 166.40 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\quad 0.301 \quad}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.458 m del nudo N6, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{\quad 0.278 \quad} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.458 m del nudo N6, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{\quad 0.240 \quad} \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{\quad 0.924 \quad} \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{\quad 1 \quad}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{\quad 34.60 \quad} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 2669.77 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 2803.26 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\quad 0.151 \quad}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N58, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\quad 2.220 \quad} \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{\quad 14.705 \quad} \text{ t}$$

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : 9.54 cm²

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : 180.00 mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : 5.30 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{Mo}** : 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{30.94} < \mathbf{64.71}$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : 30.94

λ_{máx}: Esbeltez máxima. **λ_{máx}** : 64.71

ε: Factor de reducción. **ε** : 0.92

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. **f_{ref}** : 2395.51 kp/cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 2803.26 kp/cm²

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.013} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.171 m del nudo N6, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(180°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : 0.295 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por: **V_{c,Rd}** : 23.442 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 15.21 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 23.90 cm²

d : Altura del alma.

d : 164.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 5.30 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$2.169 \leq 7.352$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(R)1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 2.169 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 14.705 t

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.295 \leq 11.721$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.295 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 23.442 t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : 0.785$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.697$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.583$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N58, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : 0.775 \quad t$$

M_{y,Ed}, **M_{z,Ed}**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : 2.290 \quad t \cdot m$$

$$M_{z,Ed} : 0.238 \quad t \cdot m$$

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 compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : 63.808 \quad t$$

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.

$$M_{pl,Rd,y} : 4.443 \quad t \cdot m$$

$$M_{pl,Rd,z} : 0.924 \quad t \cdot m$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : 23.90 \quad cm^2$$

W_{pl,y}, **W_{pl,z}**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : 166.40 \quad cm^3$$

$$W_{pl,z} : 34.60 \quad cm^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2803.26 \quad kp/cm^2$$

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : 1.05$$

k_y, **k_z**: Coeficientes de interacción.

$$k_y : 1.02$$

$$k_z : 1.00$$

C_{m,y}, **C_{m,z}**: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : 1.00$$

$$C_{m,z} : 1.00$$

χ_y, **χ_z**: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : 0.64$$

$$\chi_z : 1.00$$

λ̄_y, **λ̄_z**: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : 1.04$$

$$\bar{\lambda}_z : 0.00$$

α_y, **α_z**: Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : 0.60$$

$$\alpha_z : 0.60$$

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(180^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(R)1$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 2.169 \leq 7.352$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$\begin{aligned} V_{Ed,z} &: \underline{2.169} \quad t \\ V_{c,Rd,z} &: \underline{14.705} \quad t \end{aligned}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : 0.008 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.001} \quad t \cdot m$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{0.092} \quad t \cdot m$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{5.99} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad kp/cm^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : 0.019 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.171 m del nudo N6, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.280} \quad t$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \quad t \cdot m$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{14.690} \quad t$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{14.705} \quad t$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{4.03} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{5.99} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad kp/cm^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.171 m del nudo N6, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.087} \quad t$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \quad t \cdot m$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{23.417} \quad t$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{23.442} \quad t$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{4.03} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{vd} : Resistencia de cálculo del acero.

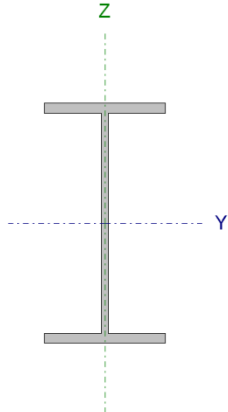
W_T : 5.99 cm³
 f_{vd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 2803.26 kp/cm²
 γ_{M0} : 1.05

Dintel hastial izquierdo superior

Perfil: IPE 180, Simple con cartelas (Cartela final inferior: 1.00 m.) Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)		Características mecánicas ⁽¹⁾			
	Inicial	Final	Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)
N60	N7	3.611	23.90	1317.00	100.90	4.79
Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N60) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY		Plano XZ		Ala sup.	Ala inf.
	β	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
	L_K	0.000	3.611	0.000	0.000	0.000
	C_m	1.000	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 0.56 ✓

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 : 2

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 23.90 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 213.377 t

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.

$$N_{cr,y} : \underline{213.377} \quad t$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{1317.00} \quad \text{cm}^4$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{100.90} \quad \text{cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{4.79} \quad \text{cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{7430.00} \quad \text{cm}^6$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \quad \text{kp/cm}^2$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \quad \text{kp/cm}^2$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{3.611} \quad \text{m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{0.000} \quad \text{m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \quad \text{m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : \underline{7.70} \quad \text{cm}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{7.42} \quad \text{cm}$$

$$i_z : \underline{2.05} \quad \text{cm}$$

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.

$$y_0 : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$59.53 \leq 347.20$$



Donde:


- h_w**: Altura del alma.
 - t_w**: Espesor del alma.
 - A_w**: Área del alma.
 - A_{fc,ef}**: Área reducida del ala comprimida.
 - k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección.
 - E**: Módulo de elasticidad.
 - f_{yf}**: Límite elástico del acero del ala comprimida.
- Siendo:

h_w	:	<u>315.51</u>	mm
t_w	:	<u>5.30</u>	mm
A_w	:	<u>16.72</u>	cm ²
A_{fc,ef}	:	<u>7.28</u>	cm ²
k	:	<u>0.30</u>	
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf}	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²

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	:	<u>0.094</u>	
----------	---	--------------	---

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.612 m del nudo N60, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H1+0.75·N(EI).

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed}	:	<u>5.993</u>	t
-------------------------	---	--------------	---

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

N_{t,Rd}	:	<u>63.808</u>	t
-------------------------	---	---------------	---

Donde:

- A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.
- f_{yd}**: Resistencia de cálculo del acero.

A	:	<u>23.90</u>	cm ²
f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²

Siendo:


- f_y**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
- γ_{Mo}**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{Mo}	:	<u>1.05</u>	


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	:	<u>0.048</u>	
----------	---	--------------	---

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η	:	<u>0.053</u>	
----------	---	--------------	---

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.612 m del nudo N60, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{\underline{3.060}} \quad t$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{\underline{63.808}} \quad t$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{\underline{2}}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{\underline{23.90}} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{2669.77}} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{2803.26}} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{\underline{57.709}} \quad t$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{\underline{23.90}} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{2669.77}} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{2803.26}} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{\underline{1.05}}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{\underline{0.90}}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{\underline{0.69}}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{\underline{0.21}}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{\underline{0.56}}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{\underline{213.377}} \quad t$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{\underline{213.377}} \quad t$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.
 $N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,z} : \infty$$

$$N_{cr,T} : \infty$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.660$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N60, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 2.075 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N60, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H3 + 1.5 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 2.932 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 4.443 \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : 166.40 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.172$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N60, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.147} \quad t \cdot m$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N60, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.159} \quad t \cdot m$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{0.924} \quad t \cdot m$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{34.60} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad kp/cm^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.188}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N60, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H3 + 1.5 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.758} \quad t$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{14.705} \quad t$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{9.54} \quad cm^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{180.00} \quad mm$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.30} \quad mm$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad kp/cm^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0} : 1.05$

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:

$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$ **30.94** < **64.71**

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$\lambda_w : 30.94$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x} : 64.71$

ε : Factor de reducción.

$\varepsilon : 0.92$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$f_{ref} : 2395.51$ kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : 2803.26$ kp/cm²

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$ $\eta : 0.009$ 

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N60, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : 0.206$ t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd} : 23.442$ t

Donde:

A_v : rea transversal a cortante.

$A_v : 15.21$ cm²

Siendo:

A : rea de la sección bruta.

$A : 23.90$ cm²

d : Altura del alma.

$d : 164.00$ mm

t_w : Espesor del alma.

$t_w : 5.30$ mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 2669.77$ kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{Mo}	:	<u>1.05</u>	

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 2.758 \leq 7.352$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H3 + 1.5 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed}	:	<u>2.758</u>	t
$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd}$:	<u>14.705</u>	t

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.206 \leq 11.721$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed}	:	<u>0.206</u>	t
$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd}$:	<u>23.442</u>	t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : 0.787 \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : 0.709 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N60, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H3 + 1.5 \cdot N(EI)$.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	$N_{t,Ed}$:	<u>2.776</u>	t
--	------------	---	--------------	---

M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\begin{aligned} \mathbf{M}_{y,Ed^-} &: \underline{2.932} & \text{t}\cdot\text{m} \\ \mathbf{M}_{z,Ed^+} &: \underline{0.078} & \text{t}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \underline{1}$$

N_{pl,Rd}: Resistencia a tracción.

$$\mathbf{N}_{pl,Rd} : \underline{63.808} \quad \text{t}$$

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.

$$\mathbf{M}_{pl,Rd,y} : \underline{4.443} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

$$\mathbf{M}_{pl,Rd,z} : \underline{0.924} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

M_{ef,Ed}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M}_{ef,Ed} : \underline{-2.777} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Siendo:

σ_{com,Ed}: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\mathbf{\sigma}_{com,Ed} : \underline{1668.97} \quad \text{kp/cm}^2$$

W_{y,com}: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$\mathbf{W}_{y,com} : \underline{166.40} \quad \text{cm}^3$$

A: Área de la sección bruta.

$$\mathbf{A} : \underline{23.90} \quad \text{cm}^2$$

M_{b,Rd,y}: Momento flector resistente de cálculo.

$$\mathbf{M}_{b,Rd,y} : \underline{4.443} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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 **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H3+1.5·N(EI).

$$\mathbf{V}_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad \mathbf{2.758} \leq \mathbf{7.347}$$

Donde:

V_{Ed,z}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{V}_{Ed,z} : \underline{2.758} \quad \text{t}$$

V_{c,Rd,z}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$\mathbf{V}_{c,Rd,z} : \underline{14.695} \quad \text{t}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.038} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N60, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(180°)H1.

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M}_{T,Ed} : \underline{0.004} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{\underline{0.092}} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{\underline{5.99}} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{2669.77}} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{2803.26}} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{\underline{0.026}}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N60, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·Q+1.5·Q2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\underline{0.382}} \quad \text{t}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{\underline{0.000}} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{\underline{14.695}} \quad \text{t}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{\underline{14.705}} \quad \text{t}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{\underline{2.71}} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{\underline{5.99}} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{2669.77}} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{2803.26}} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$\eta < 0.001$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N60, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot Q + 1.5 \cdot Q_2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : \underline{\underline{0.000}} \quad t$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed} : \underline{\underline{0.000}} \quad t \cdot m$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd} : \underline{\underline{23.425}} \quad t$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd} : \underline{\underline{23.442}} \quad t$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed} : \underline{\underline{2.71}} \quad kp/cm^2$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T : \underline{\underline{5.99}} \quad cm^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{\underline{2669.77}} \quad kp/cm^2$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

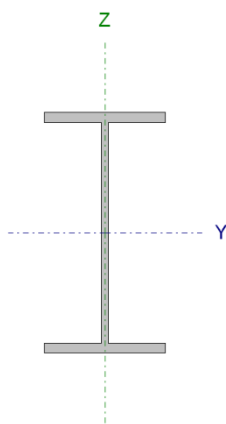
$f_y : \underline{\underline{2803.26}} \quad kp/cm^2$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{Mo} : \underline{\underline{1.05}}$

Dintel hastial izquierdo inferior

Perfil: IPE 180, Simple con cartelas (Cartela final inferior: 1.00 m.)
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾			
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)
N4	N60	6.706	23.90	1317.00	100.90	4.79
Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N4) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
			Pandeo		Pandeo lateral	
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β			0.00	1.00	0.00	0.00
L_K			0.000	6.706	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 1.04



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.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

Clase : 2

A : 23.90 cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : 61.867 t

N_{cr,y} : 61.867 t

N_{cr,z} : ∞

N_{cr,T} : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_w: Constante de alabeo de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

G: Módulo de elasticidad transversal.

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

I_y : 1317.00 cm⁴

I_z : 100.90 cm⁴

I_t : 4.79 cm⁴

I_w : 7430.00 cm⁶

E : 2140673 kp/cm²

G : 825688 kp/cm²

L_{ky} : 6.706 m

L_{kz} : 0.000 m

L_{kt} : 0.000 m

i_o : 7.70 cm

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

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.

i_y	:	<u>7.42</u>	cm
i_z	:	<u>2.05</u>	cm
y_0	:	<u>0.00</u>	mm
z_0	:	<u>0.00</u>	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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

30.94 ≤ 250.32



Donde:

- h_w : Altura del alma.
 - t_w : Espesor del alma.
 - A_w : Área del alma.
 - $A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.
 - k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.
 - E : Módulo de elasticidad.
 - f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.
- Siendo:

h_w	:	<u>164.00</u>	mm
t_w	:	<u>5.30</u>	mm
A_w	:	<u>8.69</u>	cm ²
$A_{fc,ef}$:	<u>7.28</u>	cm ²
k	:	<u>0.30</u>	
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf}	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²

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 : 0.054



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N60, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(270°)H2+1.5·N(EI).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$:	<u>3.451</u>	t
------------	---	--------------	---

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$:	<u>63.808</u>	t
------------	---	---------------	---

Donde:

- A : Área bruta de la sección transversal de la barra.
- f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

A	:	<u>23.90</u>	cm ²
f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
-------	---	----------------	--------------------

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$	$\eta : \underline{\underline{0.070}}$	✓
$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$	$\eta : \underline{\underline{0.110}}$	✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.171 m del nudo N4, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(180°)H1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed} : \underline{\underline{4.456}} \quad t$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$N_{c,Rd} : \underline{\underline{63.808}} \quad t$

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 : $\underline{\underline{2}}$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : $\underline{\underline{23.90}} \quad \text{cm}^2$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{\underline{2669.77}} \quad \text{kp/cm}^2$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{\underline{2803.26}} \quad \text{kp/cm}^2$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd} : \underline{\underline{40.655}} \quad t$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : $\underline{\underline{23.90}} \quad \text{cm}^2$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : \underline{\underline{2669.77}} \quad \text{kp/cm}^2$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : \underline{\underline{2803.26}} \quad \text{kp/cm}^2$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M1} : \underline{\underline{1.05}}$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y : \underline{\underline{0.64}}$

Siendo:

α : Coeficiente de imperfección elástica.
 $\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

ϕ_y : 1.13

α_y : 0.21

$\bar{\lambda}_y$: 1.04

N_{cr} : 61.867 t

$N_{cr,y}$: 61.867 t

$N_{cr,z}$: ∞

$N_{cr,T}$: ∞

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 : **0.642**



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N60, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 1.972 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N60, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 2.851 t·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 4.443 t·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.

$W_{pl,y}$: 166.40 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.223}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.171 m del nudo N4, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.176} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.171 m del nudo N4, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.206} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{0.924} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{34.60} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.155}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N60, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.277} \quad \text{t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

Donde:	$V_{c,Rd}$:	<u>14.705</u>	t
A_v : Área transversal a cortante.	A_v :	<u>9.54</u>	cm ²
Siendo:			
h : Canto de la sección.	h :	<u>180.00</u>	mm
t_w : Espesor del alma.	t_w :	<u>5.30</u>	mm
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	<u>2669.77</u>	kp/cm ²
Siendo:			
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} :	<u>1.05</u>	

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{30.94} < \mathbf{64.71}$$

Donde:	λ_w : Esbeltez del alma.	λ_w :	<u>30.94</u>	
	$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.	$\lambda_{m\acute{a}x}$:	<u>64.71</u>	
	ε : Factor de reducción.	ε :	<u>0.92</u>	
Siendo:				
	f_{ref} : Límite elástico de referencia.	f_{ref} :	<u>2395.51</u>	kp/cm ²
	f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	<u>2803.26</u>	kp/cm ²

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.012} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.171 m del nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} :	<u>0.286</u>	t
---	------------	--------------	---

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{\quad 23.442 \quad} \quad t$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{\quad 15.21 \quad} \quad \text{cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{\quad 23.90 \quad} \quad \text{cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{\quad 164.00 \quad} \quad \text{mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\quad 5.30 \quad} \quad \text{mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 2669.77 \quad} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 2803.26 \quad} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$2.120 \leq 7.352$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\quad 2.120 \quad} \quad t$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{\quad 14.705 \quad} \quad t$$

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.286 \leq 11.721$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{\quad 0.286 \quad} \quad t$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{\quad 23.442 \quad} \quad t$$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : 0.748$$



$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : 0.670$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N60, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H3 + 1.5 \cdot N(EI)$.

Donde:

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \frac{2.769}{1} \quad t$$

M_{y,Ed}, **M_{z,Ed}**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^- : \frac{2.761}{1} \quad t \cdot m$$

$$M_{z,Ed}^+ : \frac{0.077}{1} \quad t \cdot m$$

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.

$$Clase : \frac{1}{1}$$

N_{pl,Rd}: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \frac{63.808}{1} \quad t$$

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.

$$M_{pl,Rd,y} : \frac{4.443}{1} \quad t \cdot m$$

$$M_{pl,Rd,z} : \frac{0.924}{1} \quad t \cdot m$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

M_{ef,Ed}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \frac{-2.606}{1} \quad t \cdot m$$

Siendo:

σ_{com,Ed}: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \frac{1566.36}{1} \quad \text{kp/cm}^2$$

W_{y,com}: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \frac{166.40}{1} \quad \text{cm}^3$$

A: Área de la sección bruta.

$$A : \frac{23.90}{1} \quad \text{cm}^2$$

M_{b,Rd,y}: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \frac{4.443}{1} \quad t \cdot m$$

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 **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(R)2$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$2.120 \leq 7.352$$

Donde:

V_{Ed,z}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.
V_{c,Rd,z}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

V_{Ed,z} : 2.120 t
V_{c,Rd,z} : 14.705 t

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 : 0.011 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

M_{T,Ed} : 0.001 t·m

El momento torsor resistente de cálculo **M_{T,Rd}** viene dado por:

M_{T,Rd} : 0.092 t·m

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 5.99 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 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 : 0.018 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.171 m del nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.265 t

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

M_{T,Ed} : 0.000 t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

V_{pl,T,Rd} : 14.681 t

Donde:

V_{pl,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

V_{pl,Rd} : 14.705 t

τ_{T,Ed}: Tensiones tangenciales por torsión.

τ_{T,Ed} : 6.25 kp/cm²

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

W_T : 5.99 cm³
 f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 2803.26 kp/cm²
 γ_{MO} : 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 : 0.004



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.171 m del nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.102 t

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.000 t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: 23.403 t

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 23.442 t

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 6.25 kp/cm²

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

W_T : 5.99 cm³
 f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

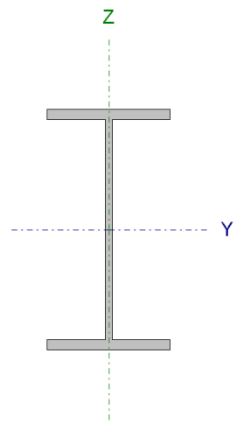
f_y : 2803.26 kp/cm²
 γ_{MO} : 1.05

3.2.4 DINTEL TEJAVANA

Dintel hastial tejavana superior

Perfil: IPE 160, Simple con cartelas
Material: Acero (S275)

Perfil: IPE 160, Simple con cartelas Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾				
		Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)	
Inicial	Final					
N51	N4	6.191	20.10	869.30	68.31	3.60
Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N51) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
Pandeo	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	1.00	0.00	0.00		
L _K	0.000	6.191	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 1.08



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.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

Clase : 1

A : 20.10 cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : 47.922 t

N_{cr,y} : 47.922 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	<u>869.30</u>	cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	<u>68.31</u>	cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	<u>3.60</u>	cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w :	<u>3960.00</u>	cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.	E :	<u>2140673</u>	kp/cm ²
G : Módulo de elasticidad transversal.	G :	<u>825688</u>	kp/cm ²
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	<u>6.191</u>	m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	<u>0.000</u>	m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	<u>0.000</u>	m
i_o : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_o :	<u>6.83</u>	cm

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	<u>6.58</u>	cm
	i_z :	<u>1.84</u>	cm
y_o , z_o : 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_o :	<u>0.00</u>	mm
	z_o :	<u>0.00</u>	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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

29.04 ≤ 250.58



Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w :	<u>145.20</u>	mm
t_w : Espesor del alma.	t_w :	<u>5.00</u>	mm
A_w : Área del alma.	A_w :	<u>7.26</u>	cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} :	<u>6.07</u>	cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k :	<u>0.30</u>	
E : Módulo de elasticidad.	E :	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	<u>2803.26</u>	kp/cm ²

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.041}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.020 m del nudo N51, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(90°)H1+1.5·N(EI).

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{2.216} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{53.662} \quad \text{t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{20.10} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.076}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.126}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N51, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(180°)H1.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{4.094} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{c,Rd} : \underline{53.662} \quad \text{t}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \underline{20.10} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{32.561} \text{ t}$$

Donde:

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{20.10} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.61}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{1.18}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.08}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{47.922} \text{ t}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{47.922} \text{ t}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.647}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.020 m del nudo N51, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁺ : 1.322 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.020 m del nudo N51, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(R)2.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁻ : 2.139 t·m

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

M_{c,Rd} : 3.308 t·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} : 123.90 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 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 : 0.313



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.020 m del nudo N51, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁺ : 0.186 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.020 m del nudo N51, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁻ : 0.218 t·m

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

M_{c,Rd} : 0.697 t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de

Clase : 1

deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

W_{pl,z}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

W_{pl,z} : 26.10 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 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 : 0.169 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.020 m del nudo N51, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 2.078 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

V_{c,Rd} : 12.331 t

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

A_v : 8.00 cm²

Siendo:

h: Canto de la sección.

h : 160.00 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 5.00 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \epsilon$$

29.04 < **64.71**

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 29.04

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ε : Factor de reducci3n. ε : 0.92

Siendo:


f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

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 : 0.011 

El esfuerzo solicitante de cculo pésimo se produce en el nudo N51, para la combinaci3n de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cculo pésimo. V_{Ed} : 0.226 t

El esfuerzo cortante resistente de cculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 19.792 t

Donde:

A_v : rea transversal a cortante. A_v : 12.84 cm²

Siendo:

A : rea de la secci3n bruta. A : 20.10 cm²

d : Altura del alma. d : 145.20 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 5.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cculo del acero. f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{Mo} : 1.05

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 cculo a flexi3n, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

1.948 ≤ 6.166

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 1.948 t

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

V_{c,Rd} : 12.331 t

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 **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

0.226 ≤ 9.896

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.226 t

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

V_{c,Rd} : 19.792 t

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 : **0.722** ✓

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : **0.681** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N51, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

Donde:

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 1.218 t

M_{y,Ed}, **M_{z,Ed}**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

M_{y,Ed} : 2.012 t·m

M_{z,Ed} : 0.063 t·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} : 53.662 t

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} : 3.308 t·m

M_{pl,Rd,z} : 0.697 t·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

M_{ef,Ed}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{ef,Ed} : -1.952 t·m

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.	$\sigma_{com,Ed}$:	<u>1575.51</u>	kp/cm ²
$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.	$W_{y,com}$:	<u>123.90</u>	cm ³
A : Área de la sección bruta.	A	:	<u>20.10</u>	cm ²
$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.	$M_{b,Rd,y}$:	<u>3.308</u>	t·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 **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** .

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \qquad \qquad \qquad \mathbf{1.948} \leq \mathbf{6.166}$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z}$:	<u>1.948</u>	t
$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z}$:	<u>12.331</u>	t

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1 \qquad \qquad \qquad \eta \quad : \quad \mathbf{0.013} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.	$M_{T,Ed}$:	<u>0.001</u>	t·m
--	------------------------------	---	--------------	-----

El momento torsor resistente de cálculo **$M_{T,Rd}$** viene dado por:

$M_{T,Rd}$:	<u>0.075</u>	t·m
------------------------------	---	--------------	-----

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.	W_T	:	<u>4.86</u>	cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0}	:	<u>1.05</u>	

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.019}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N51, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.238} \quad t$$

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \quad t \cdot m$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{12.305} \quad t$$

Donde:

V_{pl,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{12.331} \quad t$$

τ_{T,Ed}: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{8.20} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{4.86} \quad cm^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad kp/cm^2$$

γ_{MO}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N51, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.081} \quad t$$

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \quad t \cdot m$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd} : \underline{19.749} \quad t$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : \underline{8.20} \quad kp/cm^2$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : \underline{4.86} \quad cm^3$

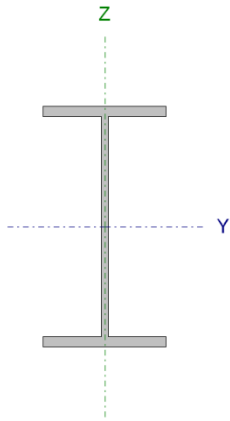
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{2669.77} \quad kp/cm^2$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{2803.26} \quad kp/cm^2$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$

Dintel hastial tejavana inferior

Perfil: IPE 160, Simple con cartelas Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)
	N2	N51	6.191	20.10	869.30	68.31	3.60
	Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N2) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β	0.00	1.00	0.00	0.00			
L_K	0.000	6.191	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} : \underline{1.08}$



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.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

Clase : 1

A : 20.10 cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : 47.922 t

N_{cr,y} : 47.922 t

N_{cr,z} : ∞

N_{cr,T} : ∞

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_w: Constante de alabeo de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

G: Módulo de elasticidad transversal.

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

I_y : 869.30 cm⁴

I_z : 68.31 cm⁴

I_t : 3.60 cm⁴

I_w : 3960.00 cm⁶

E : 2140673 kp/cm²

G : 825688 kp/cm²

L_{ky} : 6.191 m

L_{kz} : 0.000 m

L_{kt} : 0.000 m

i₀ : 6.83 cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

i_y : 6.58 cm

i_z : 1.84 cm

y₀ : 0.00 mm

z₀ : 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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

29.04 ≤ 250.58



Donde:

- h_w**: Altura del alma.
 - t_w**: Espesor del alma.
 - A_w**: Área del alma.
 - A_{fc,ef}**: Área reducida del ala comprimida.
 - k**: Coeficiente que depende de la clase de la sección.
 - E**: Módulo de elasticidad.
 - f_{yf}**: Límite elástico del acero del ala comprimida.
- Siendo:

h_w	:	<u>145.20</u>	mm
t_w	:	<u>5.00</u>	mm
A_w	:	<u>7.26</u>	cm ²
A_{fc,ef}	:	<u>6.07</u>	cm ²
k	:	<u>0.30</u>	
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf}	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²

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 : 0.019



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N51, para la combinación de acciones 0.8·G+0.9·V(90°)H1+1.5·N(R)2.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 1.004 t

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

N_{t,Rd} : 53.662 t

Donde:

- A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.
- f_{yd}**: Resistencia de cálculo del acero.

A	:	<u>20.10</u>	cm ²
f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²

Siendo:

- f_y**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
- γ_{Mo}**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{Mo}	:	<u>1.05</u>	

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 : 0.026



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : 0.043



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.140 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

N_{c,Ed} : 1.410 t

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

N_{c,Rd} : 53.662 t

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 : 20.10 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

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 **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

N_{b,Rd} : 32.561 t

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 20.10 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : 0.61

Siendo:

φ_y : 1.18

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.21

λ̄: Esbeltez reducida.

λ̄_y : 1.08

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr}	:	<u>47.922</u>	t
$N_{cr,y}$:	<u>47.922</u>	t
$N_{cr,z}$:	<u>∞</u>	
$N_{cr,T}$:	<u>∞</u>	

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.625}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N51, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.247} \quad t \cdot m$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N51, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(R)2$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{2.068} \quad t \cdot m$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{3.308} \quad t \cdot m$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{123.90} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.340$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.258 m del nudo N2, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 0.194 \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.258 m del nudo N2, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.237 \text{ t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 0.697 \text{ t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : 26.10 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.166$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N51, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 2.051 \text{ t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : 12.331 \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : 8.00 \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : 160.00 \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma. t_w : 5.00 mm
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²
 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{29.04} < \mathbf{64.71}$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 29.04

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ε : Factor de reducción. ε : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²
 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.013} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.140 m del nudo N2, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.249 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 19.792 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 12.84 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta.	A	:	<u>20.10</u>	cm ²
d : Altura del alma.	d	:	<u>145.20</u>	mm
t_w : Espesor del alma.	t_w	:	<u>5.00</u>	mm
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{Mo}	:	<u>1.05</u>	

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 **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{1.986} \leq \mathbf{6.166}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed}	:	<u>1.986</u>	t
V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd}	:	<u>12.331</u>	t

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 **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{0.249} \leq \mathbf{9.896}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(0°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed}	:	<u>0.249</u>	t
V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd}	:	<u>19.792</u>	t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.725} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.702$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.479$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N51, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(R)2.

Donde:

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

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.

N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta.

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.

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

W_{pl,y}, W_{pl,z}: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

C_{m,y}, C_{m,z}: Factores de momento flector uniforme equivalente.

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

λ̄_y, λ̄_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

N_{c,Ed}	:	<u>0.495</u>	t
M_{y,Ed}	:	<u>2.068</u>	t·m
M_{z,Ed}	:	<u>0.063</u>	t·m
Clase	:	<u>1</u>	

N_{pl,Rd}	:	<u>53.662</u>	t
M_{pl,Rd,y}	:	<u>3.308</u>	t·m
M_{pl,Rd,z}	:	<u>0.697</u>	t·m

A	:	<u>20.10</u>	cm ²
W_{pl,y}	:	<u>123.90</u>	cm ³
W_{pl,z}	:	<u>26.10</u>	cm ³
f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²

f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{M1}	:	<u>1.05</u>	

k_y	:	<u>1.01</u>	
----------------------	---	-------------	--

k_z	:	<u>1.00</u>	
----------------------	---	-------------	--

C_{m,y}	:	<u>1.00</u>	
C_{m,z}	:	<u>1.00</u>	

χ_y	:	<u>0.61</u>	
χ_z	:	<u>1.00</u>	

λ̄_y	:	<u>1.08</u>	
λ̄_z	:	<u>0.00</u>	

α_y	:	<u>0.60</u>	
α_z	:	<u>0.60</u>	

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$1.986 \leq 6.166$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{1.986} \quad t$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{12.331} \quad t$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.004$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H2$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.000} \quad t \cdot m$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{0.075} \quad t \cdot m$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{4.86} \quad cm^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad kp/cm^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.146$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N51, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.795} \quad t$$

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.
 El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

M_{T,Ed} : 0.000 t·m

V_{pl,T,Rd} : 12.314 t

Donde:

V_{pl,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.
τ_{T,Ed}: Tensiones tangenciales por torsión.

V_{pl,Rd} : 12.331 t
τ_{T,Ed} : 5.50 kp/cm²

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión.
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

W_T : 4.86 cm³
f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:


f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 2803.26 kp/cm²
γ_{Mo} : 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 : **0.007** 

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.140 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.140 t

M_{T,Ed}: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

M_{T,Ed} : 0.000 t·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V_{pl,T,Rd}** viene dado por:

V_{pl,T,Rd} : 19.763 t

Donde:

V_{pl,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.
τ_{T,Ed}: Tensiones tangenciales por torsión.

V_{pl,Rd} : 19.792 t
τ_{T,Ed} : 5.50 kp/cm²

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión.
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

W_T : 4.86 cm³
f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y : 2803.26 kp/cm²
 γ_{M0} : 1.05

3.3 PILARILLOS:

3.3.1 PILARRILLOS NAVE

Pilarillo derecho

Perfil: IPE 300, Simple con cartelas Material: Acero (S275)							
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾				
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)	
N55	N58	9.651	53.80	8356.00	603.80	20.12	
Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N55) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY		Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	0.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	0.000	9.651	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: **0.88**



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.

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

Clase : 4

A_{ef} : 52.70 cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : 189.541 t

N_{cr,y} : 189.541 t

N_{cr,z} : ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \infty$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{8356.00} \quad \text{cm}^4$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{603.80} \quad \text{cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{20.12} \quad \text{cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{125900.00} \quad \text{cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \quad \text{kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \quad \text{kp/cm}^2$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{9.651} \quad \text{m}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{0.000} \quad \text{m}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \quad \text{m}$$

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_o : \underline{12.91} \quad \text{cm}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{12.46} \quad \text{cm}$$

$$i_z : \underline{3.35} \quad \text{cm}$$

y_o , z_o: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_o : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

$$z_o : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$39.24 \leq 254.33$$



Donde:

h_w: Altura del alma.

$$h_w : \underline{278.60} \quad \text{mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.10} \quad \text{mm}$$

A_w: Área del alma.

$$A_w : \underline{19.78} \quad \text{cm}^2$$

A_{fc,ef}: Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \underline{16.05} \quad \text{cm}^2$$

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : \underline{0.30}$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \quad \text{kp/cm}^2$$

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

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 : 0.023 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 9.558 m del nudo N55, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 3.237 t

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

N_{t,Rd} : 143.634 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 53.80 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 1.05

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 : 0.049 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : 0.065 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N55, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

N_{c,Ed} : 6.857 t

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

N_{c,Rd} : 140.687 t

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 : 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{aligned} A_{ef} &: \underline{52.70} && \text{cm}^2 \\ f_{yd} &: \underline{2669.77} && \text{kp/cm}^2 \end{aligned}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\begin{aligned} f_y &: \underline{2803.26} && \text{kp/cm}^2 \\ \gamma_{M0} &: \underline{1.05} \end{aligned}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{104.833} \quad \text{t}$$

Donde:

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{aligned} A_{ef} &: \underline{52.70} && \text{cm}^2 \\ f_{yd} &: \underline{2669.77} && \text{kp/cm}^2 \end{aligned}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\begin{aligned} f_y &: \underline{2803.26} && \text{kp/cm}^2 \\ \gamma_{M1} &: \underline{1.05} \end{aligned}$$

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.75}$$

Siendo:

α: Coeficiente de imperfección elástica.
λ̄: Esbeltez reducida.

$$\phi_y : \underline{0.96}$$

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.88}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr} : \underline{189.541} \quad \text{t}$$

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,y} : \underline{189.541} \quad \text{t}$$

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.706}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.779 m del nudo N55, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁺ : 11.846 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.779 m del nudo N55, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁻ : 11.377 t·m

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

M_{c,Rd} : 16.777 t·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} : 628.40 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{MO}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{MO} : 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 : **0.108**



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 9.558 m del nudo N55, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁺ : 0.230 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 9.558 m del nudo N55, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁻ : 0.359 t·m

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

M_{c,Rd} : 3.343 t·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de

Clase : 1

deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

W_{pl,z}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

W_{pl,z} : 125.20 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 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 : 0.150 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N55, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 4.934 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

V_{c,Rd} : 32.832 t

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

A_v : 21.30 cm²

Siendo:

h: Canto de la sección.

h : 300.00 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 7.10 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \epsilon$$

39.24 < **64.71**

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma.

λ_w : 39.24

$\lambda_{\text{máx}}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{\text{máx}}$: 64.71

ε : Factor de reducción. ε : 0.92

Siendo:


f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{\text{Ed}}}{V_{\text{c,Rd}}} \leq 1$$

η : 0.001 

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.038 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{\text{c,Rd}}$ viene dado por:

$V_{\text{c,Rd}}$: 52.437 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 34.02 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. A : 53.80 cm²

d : Altura del alma. d : 278.60 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 7.10 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{Mo} : 1.05

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{\text{c,Rd}}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 4.443 \leq 16.416$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.478 m del nudo N55, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} :	<u>4.443</u>	t
V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd} :	<u>32.832</u>	t

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 **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.038 \leq 26.219$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.478 m del nudo N55, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed} :	<u>0.038</u>	t
V_{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V_{c,Rd} :	<u>52.437</u>	t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.745} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.765} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.487} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.779 m del nudo N55, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

Donde:

N_{c,Ed} : Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	N_{c,Ed} :	<u>4.781</u>	t
M_{y,Ed} , M_{z,Ed} : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{y,Ed} :	<u>11.377</u>	t·m
	M_{z,Ed} :	<u>0.114</u>	t·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 :	<u>1</u>	

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A : Área de la sección bruta.

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$N_{pl,Rd} : \frac{143.634}{1} \quad t$$

$$M_{pl,Rd,y} : \frac{16.777}{1} \quad t \cdot m$$

$$M_{pl,Rd,z} : \frac{3.343}{1} \quad t \cdot m$$

$$A : \frac{53.80}{1} \quad cm^2$$

$$W_{pl,y} : \frac{628.40}{1} \quad cm^3$$

$$W_{pl,z} : \frac{125.20}{1} \quad cm^3$$

$$f_{yd} : \frac{2669.77}{1} \quad kp/cm^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$f_y : \frac{2803.26}{1} \quad kp/cm^2$$

$$\gamma_{M1} : \frac{1.05}{1}$$

$$k_y : \frac{1.03}{1}$$

$$k_z : \frac{1.00}{1}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$C_{m,y} : \frac{1.00}{1}$$

$$C_{m,z} : \frac{1.00}{1}$$

$$\chi_y : \frac{0.74}{1}$$

$$\chi_z : \frac{1.00}{1}$$

$$\bar{\lambda}_y : \frac{0.89}{1}$$

$$\bar{\lambda}_z : \frac{0.00}{1}$$

$$\alpha_y : \frac{0.60}{1}$$

$$\alpha_z : \frac{0.60}{1}$$

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.478 m del nudo N55, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$4.443 \leq 16.416$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{Ed,z} : \frac{4.443}{1} \quad t$$

$$V_{c,Rd,z} : \frac{32.832}{1} \quad t$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

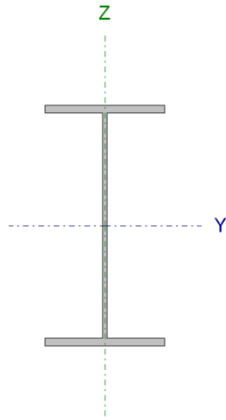
Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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.

Pilarillo izquierdo

Perfil: IPE 300, Simple con cartelas Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)
	N54	N60	9.651	53.80	8356.00	603.80	20.12
	Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N54) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β	0.00	1.00	0.00	0.00			
L _K	0.000	9.651	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{ef} \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 0.88 ✓

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 : 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

A_{ef} : 52.70 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : $\frac{2803.26}{\quad}$ kp/cm²

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : $\frac{189.541}{\quad}$ t

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} : $\frac{189.541}{\quad}$ t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : $\frac{\infty}{\quad}$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : $\frac{\infty}{\quad}$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : $\frac{8356.00}{\quad}$ cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : $\frac{603.80}{\quad}$ cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : $\frac{20.12}{\quad}$ cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : $\frac{125900.00}{\quad}$ cm⁶

E: Módulo de elasticidad.

E : $\frac{2140673}{\quad}$ kp/cm²

G: Módulo de elasticidad transversal.

G : $\frac{825688}{\quad}$ kp/cm²

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{ky} : $\frac{9.651}{\quad}$ m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kz} : $\frac{0.000}{\quad}$ m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L_{kt} : $\frac{0.000}{\quad}$ m

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i_o : $\frac{12.91}{\quad}$ cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : $\frac{12.46}{\quad}$ cm

i_z : $\frac{3.35}{\quad}$ cm

y_o , z_o: 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_o : $\frac{0.00}{\quad}$ mm

z_o : $\frac{0.00}{\quad}$ 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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$39.24 \leq 254.33$$



Donde:

h_w: Altura del alma.

t_w: Espesor del alma.

A_w: Área del alma.

A_{fc,ef}: Área reducida del ala comprimida.

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E: Módulo de elasticidad.

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

h_w	:	<u>278.60</u>	mm
t_w	:	<u>7.10</u>	mm
A_w	:	<u>19.78</u>	cm ²
A_{fc,ef}	:	<u>16.05</u>	cm ²
k	:	<u>0.30</u>	
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf}	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.024}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 9.558 m del nudo N54, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{3.494} \quad t$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{143.634} \quad t$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{53.80} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.049}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.066}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N54, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 0.9 \cdot V(0^\circ)H4 + 1.5 \cdot N(EI)$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{6.881} \quad t$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{140.687} \quad t$$

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.

$$Clase : \underline{4}$$

A_{ef} : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{52.70} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{104.833} \quad t$$

Donde:

A_{ef} : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{52.70} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.75}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.96}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.88}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{189.541} \quad t$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{189.541} \quad t$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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 : 0.706



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.779 m del nudo N54, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁺ : 11.845 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.779 m del nudo N54, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁻ : 10.355 t·m

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

M_{c,Rd} : 16.777 t·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} : 628.40 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 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 : 0.131



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 9.558 m del nudo N54, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)1.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁺ : 0.438 t·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 9.558 m del nudo N54, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}⁻ : 0.163 t·m

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

M_{c,Rd} : 3.343 t·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} : 125.20 cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²


γ_{MO}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{MO} : 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 : 0.150 

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N54, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 4.934 t

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

V_{c,Rd} : 32.832 t

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

A_v : 21.30 cm²

Siendo:

h: Canto de la sección.

h : 300.00 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 7.10 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{MO}	:	<u>1.05</u>	

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:

$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$	39.24	<	64.71
--	--------------	---	--------------

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.	λ_w	:	<u>39.24</u>
$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.	$\lambda_{m\acute{a}x}$:	<u>64.71</u>
ε : Factor de reducción.	ε	:	<u>0.92</u>

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.	f_{ref}	:	<u>2395.51</u>	kp/cm ²
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²

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·G+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed}	:	<u>0.046</u>	t
---	----------	---	--------------	---

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$:	<u>52.437</u>	t
------------	---	---------------	---

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.	A_v	:	<u>34.02</u>	cm ²
--------------------------------------	-------	---	--------------	-----------------

Siendo:

A : Área de la sección bruta.	A	:	<u>53.80</u>	cm ²
d : Altura del alma.	d	:	<u>278.60</u>	mm
t_w : Espesor del alma.	t_w	:	<u>7.10</u>	mm
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{Mo}	:	<u>1.05</u>	

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \qquad \qquad \qquad \mathbf{4.443} \leq \mathbf{16.416}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.478 m del nudo N54, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed}	:	<u>4.443</u>	t
$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd}$:	<u>32.832</u>	t

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \qquad \qquad \qquad \mathbf{0.046} \leq \mathbf{26.219}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.478 m del nudo N54, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed}	:	<u>0.046</u>	t
$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd}$:	<u>52.437</u>	t

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \qquad \qquad \eta : \mathbf{0.750} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \qquad \qquad \eta : \mathbf{0.715} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.779 m del nudo N54, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

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.

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$:	<u>2.811</u>	t
$M_{y,Ed}^+$:	<u>11.845</u>	t·m
$M_{z,Ed}^-$:	<u>0.082</u>	t·m
Clase	:	<u>1</u>	

$N_{pl,Rd}$:	<u>143.634</u>	t
$M_{pl,Rd,y}$:	<u>16.777</u>	t·m
$M_{pl,Rd,z}$:	<u>3.343</u>	t·m

$M_{ef,Ed}$:	<u>11.583</u>	t·m
-------------	---	---------------	-----

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

A: Área de la sección bruta.

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$\sigma_{com,Ed}$:	<u>1843.20</u>	kp/cm ²
-------------------	---	----------------	--------------------

$W_{y,com}$:	<u>628.40</u>	cm ³
-------------	---	---------------	-----------------

A	:	<u>53.80</u>	cm ²
----------	---	--------------	-----------------

$M_{b,Rd,y}$:	<u>16.777</u>	t·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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.478 m del nudo N54, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad 4.443 \leq 16.416$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{Ed,z}$:	<u>4.443</u>	t
------------	---	--------------	---

$V_{c,Rd,z}$:	<u>32.832</u>	t
--------------	---	---------------	---

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)

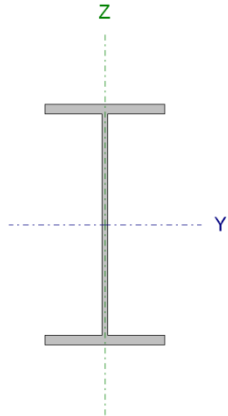
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

3.3.2 PILARILLO TEJAVANA

Pilarillo tejavana

Perfil: IPE 200, Simple con cartelas Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)
		N50	N51	6.475	28.50	1943.00	142.40
<p><i>Notas:</i> Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N50) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme</p>							
				Pandeo		Pandeo lateral	
				Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
	β			0.00	1.00	0.00	0.00
	L _k			0.000	6.475	0.000	0.000
	C _m			1.000	1.000	1.000	1.000
	C ₁			-		1.000	
<p><i>Notación:</i> β: Coeficiente de pandeo L_k: Longitud de pandeo (m) C_m: Coeficiente de momentos C₁: Factor de modificación para el momento crítico</p>							

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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 0.90



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.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

Clase : 2

A : 28.50 cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : 97.914 t

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{97.914} \quad t$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{1943.00} \quad \text{cm}^4$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{142.40} \quad \text{cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{6.98} \quad \text{cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{12990.00} \quad \text{cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{2140673} \quad \text{kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{825688} \quad \text{kp/cm}^2$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{6.475} \quad \text{m}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{0.000} \quad \text{m}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{0.000} \quad \text{m}$$

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_o : \underline{8.55} \quad \text{cm}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{8.26} \quad \text{cm}$$

$$i_z : \underline{2.24} \quad \text{cm}$$

y_o , z_o: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_o : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

$$z_o : \underline{0.00} \quad \text{mm}$$

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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$32.68 \leq 251.55$$



Donde:

h_w: Altura del alma.

$$h_w : \underline{183.00} \quad \text{mm}$$


t_w: Espesor del alma.
A_w: Área del alma.
A_{fc,ef}: Área reducida del ala comprimida.
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.
E: Módulo de elasticidad.
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.
 Siendo:

t_w	:	<u>5.60</u>	mm
A_w	:	<u>10.25</u>	cm ²
A_{fc,ef}	:	<u>8.50</u>	cm ²
k	:	<u>0.30</u>	
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf}	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²

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	:	0.033	
----------	---	--------------	---

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.392 m del nudo N50, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed}	:	<u>2.482</u>	t
-------------------------	---	--------------	---

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

N_{t,Rd}	:	<u>76.089</u>	t
-------------------------	---	---------------	---

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A	:	<u>28.50</u>	cm ²
----------	---	--------------	-----------------

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²
-----------------------	---	----------------	--------------------

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
----------------------	---	----------------	--------------------


γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo}	:	<u>1.05</u>	
-----------------------	---	-------------	--


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	:	0.066	
----------	---	--------------	---

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η	:	0.090	
----------	---	--------------	---

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N50, para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(R)2.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

N_{c,Ed}	:	<u>5.014</u>	t
-------------------------	---	--------------	---

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

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.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

Siendo:

α_y : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}_y$: Esbeltez reducida.

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{c,Rd} : \underline{\underline{76.089}} \quad t$$

$$Clase : \underline{\underline{2}}$$

$$A : \underline{\underline{28.50}} \quad cm^2$$

$$f_{yd} : \underline{\underline{2669.77}} \quad kp/cm^2$$

$$f_y : \underline{\underline{2803.26}} \quad kp/cm^2$$

$$\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{\underline{55.679}} \quad t$$

$$A : \underline{\underline{28.50}} \quad cm^2$$

$$f_{yd} : \underline{\underline{2669.77}} \quad kp/cm^2$$

$$f_y : \underline{\underline{2803.26}} \quad kp/cm^2$$

$$\gamma_{M1} : \underline{\underline{1.05}}$$

$$\chi_y : \underline{\underline{0.73}}$$

$$\phi_y : \underline{\underline{0.98}}$$

$$\alpha_y : \underline{\underline{0.21}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{\underline{0.90}}$$

$$N_{cr} : \underline{\underline{97.914}} \quad t$$

$$N_{cr,y} : \underline{\underline{97.914}} \quad t$$

$$N_{cr,z} : \underline{\underline{\infty}}$$

$$N_{cr,T} : \underline{\underline{\infty}}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.797}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.196 m del nudo N50, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^+} : \underline{4.696} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.196 m del nudo N50, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(0°)H1.

M_{Ed}⁻: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^-} : \underline{4.592} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M_{c,Rd}** viene dado por:

$$\mathbf{M_{c,Rd}} : \underline{5.890} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \underline{1}$$

W_{pl,y}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$\mathbf{W_{pl,y}} : \underline{220.60} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma_{Mo}} : \underline{1.05}$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.057}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.392 m del nudo N50, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(180°)H1+0.75·N(R)1.

M_{Ed}⁺: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^+} : \underline{0.068} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.392 m del nudo N50, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$.

M_{Ed} : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed} : \underline{0.068} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{1.191} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{44.61} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.170} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N50, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.929} \quad \text{t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{17.264} \quad \text{t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{11.20} \quad \text{cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{200.00} \quad \text{mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.60} \quad \text{mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$	32.68	<	64.71	
--	--------------	---	--------------	--

Donde:

λ _w : Esbeltez del alma.	λ _w	:	<u>32.68</u>	
-------------------------------------	----------------	---	--------------	--

λ _{máx} : Esbeltez máxima.	λ _{máx}	:	<u>64.71</u>	
-------------------------------------	------------------	---	--------------	--

ε: Factor de reducción.	ε	:	<u>0.92</u>	
-------------------------	---	---	-------------	--

Siendo:

f _{ref} : Límite elástico de referencia.	f _{ref}	:	<u>2395.51</u>	kp/cm ²
---	------------------	---	----------------	--------------------

f _y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f _y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
--	----------------	---	----------------	--------------------

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 0.8·G+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

V _{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V _{Ed}	:	<u>0.011</u>	t
--	-----------------	---	--------------	---

El esfuerzo cortante resistente de cálculo V_{c,Rd} viene dado por:

V _{c,Rd}	V _{c,Rd}	:	<u>28.134</u>	t
-------------------	-------------------	---	---------------	---

Donde:

A _v : Área transversal a cortante.	A _v	:	<u>18.25</u>	cm ²
---	----------------	---	--------------	-----------------

Siendo:

A: Área de la sección bruta.	A	:	<u>28.50</u>	cm ²
------------------------------	---	---	--------------	-----------------

d: Altura del alma.	d	:	<u>183.00</u>	mm
---------------------	---	---	---------------	----

t _w : Espesor del alma.	t _w	:	<u>5.60</u>	mm
------------------------------------	----------------	---	-------------	----

f _{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f _{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²
---	-----------------	---	----------------	--------------------

Siendo:

f _y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f _y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
--	----------------	---	----------------	--------------------

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M0} : \underline{\underline{1.05}}$

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{2.637} \leq \mathbf{8.632}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.320 m del nudo N50, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{\underline{2.637}} \quad t$
 $V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{\underline{17.264}} \quad t$

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{0.011} \leq \mathbf{14.067}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.320 m del nudo N50, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{\underline{0.011}} \quad t$
 $V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{\underline{28.134}} \quad t$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.834} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.867} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \mathbf{0.539} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.196 m del nudo N50, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \frac{2.721}{\quad} \quad t$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \frac{4.592}{\quad} \quad t \cdot m$$

$$M_{z,Ed} : \frac{0.023}{\quad} \quad t \cdot m$$

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.

$$\text{Clase} : \frac{1}{\quad}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \frac{76.089}{\quad} \quad t$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \frac{5.890}{\quad} \quad t \cdot m$$

$$M_{pl,Rd,z} : \frac{1.191}{\quad} \quad t \cdot m$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \frac{28.50}{\quad} \quad \text{cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \frac{220.60}{\quad} \quad \text{cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \frac{44.61}{\quad} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{2669.77}{\quad} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \frac{2803.26}{\quad} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \frac{1.05}{\quad}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \frac{1.03}{\quad}$$

$$k_z : \frac{1.00}{\quad}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \frac{1.00}{\quad}$$

$$C_{m,z} : \frac{1.00}{\quad}$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : \frac{0.73}{\quad}$$

$$\chi_z : \frac{1.00}{\quad}$$

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\bar{\lambda}_y : \frac{0.90}{\quad}$$

$$\bar{\lambda}_z : \frac{0.00}{\quad}$$

α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \frac{0.60}{\quad}$$

$$\alpha_z : \frac{0.60}{\quad}$$

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.320 m del nudo N50, para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$2.637 \leq 8.632$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{2.637}{t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{17.264}{t}$$

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.

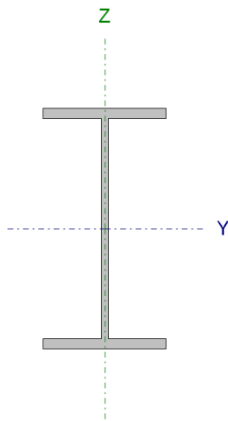
Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

3.4 ESTRUCTURA SECUNDARIA

3.4.1 VIGA ATADO

Viga atado tipo derecha

Perfil: IPE 160, Simple con cartelas Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)
	N27	N34	5.000	20.10	869.30	68.31	3.60
	Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N27) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
	β	0.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	0.000	5.000	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: **0.88**



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.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

Clase : 1

A : 20.10 cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : 73.465 t

N_{cr,y} : 73.465 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\hspace{2cm}} \infty$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\hspace{2cm}} \infty$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{\hspace{2cm}} 869.30 \quad \text{cm}^4$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{\hspace{2cm}} 68.31 \quad \text{cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{\hspace{2cm}} 3.60 \quad \text{cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{\hspace{2cm}} 3960.00 \quad \text{cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{\hspace{2cm}} 2140673 \quad \text{kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{\hspace{2cm}} 825688 \quad \text{kp/cm}^2$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{\hspace{2cm}} 5.000 \quad \text{m}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{\hspace{2cm}} 0.000 \quad \text{m}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{\hspace{2cm}} 0.000 \quad \text{m}$$

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_o : \underline{\hspace{2cm}} 6.83 \quad \text{cm}$$

Siendo:

i_y, i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{\hspace{2cm}} 6.58 \quad \text{cm}$$

$$i_z : \underline{\hspace{2cm}} 1.84 \quad \text{cm}$$

y_o, z_o: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_o : \underline{\hspace{2cm}} 0.00 \quad \text{mm}$$

$$z_o : \underline{\hspace{2cm}} 0.00 \quad \text{mm}$$

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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$29.04 \leq 250.58$$



Donde:

h_w: Altura del alma.

$$h_w : \underline{\hspace{2cm}} 145.20 \quad \text{mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\hspace{2cm}} 5.00 \quad \text{mm}$$

A_w: Área del alma.

$$A_w : \underline{\hspace{2cm}} 7.26 \quad \text{cm}^2$$

A_{fc,ef}: Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \underline{\hspace{2cm}} 6.07 \quad \text{cm}^2$$

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : \underline{\hspace{2cm}} 0.30$$

E: Módulo de elasticidad.

f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

E : 2140673 kp/cm²
f_{yf} : 2803.26 kp/cm²

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 : 0.121 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : 6.509 t

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

N_{t,Rd} : 53.662 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 20.10 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 1.05

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 : 0.049 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : 0.065 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

N_{c,Ed} : 2.622 t

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

N_{c,Rd} : 53.662 t

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de

Clase : 1

deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &: \underline{20.10} && \text{cm}^2 \\ \mathbf{f_{yd}} &: \underline{2669.77} && \text{kp/cm}^2 \end{aligned}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\begin{aligned} \mathbf{f_y} &: \underline{2803.26} && \text{kp/cm}^2 \\ \mathbf{\gamma_{M0}} &: \underline{1.05} \end{aligned}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} : \underline{40.230} \quad \text{t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &: \underline{20.10} && \text{cm}^2 \\ \mathbf{f_{yd}} &: \underline{2669.77} && \text{kp/cm}^2 \end{aligned}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\begin{aligned} \mathbf{f_y} &: \underline{2803.26} && \text{kp/cm}^2 \\ \mathbf{\gamma_{M1}} &: \underline{1.05} \\ \mathbf{\chi_y} &: \underline{0.75} \end{aligned}$$

Siendo:

α: Coeficiente de imperfección elástica.

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\begin{aligned} \mathbf{\phi_y} &: \underline{0.95} \\ \mathbf{\alpha_y} &: \underline{0.21} \\ \mathbf{\bar{\lambda}_y} &: \underline{0.88} \end{aligned}$$

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr,y}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,z}: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,T}: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\begin{aligned} \mathbf{N_{cr}} &: \underline{73.465} && \text{t} \\ \mathbf{N_{cr,y}} &: \underline{73.465} && \text{t} \\ \mathbf{N_{cr,z}} &: \underline{\infty} \\ \mathbf{N_{cr,T}} &: \underline{\infty} \end{aligned}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.020}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N27, para la combinación de acciones 1.35·G.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.067} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.000} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{3.308} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{123.90} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N27, para la combinación de acciones 1.35·G.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.053} \quad \text{t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{12.331} \quad \text{t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.	A_v :	<u>8.00</u>	cm ²
Siendo:			
h : Canto de la sección.	h :	<u>160.00</u>	mm
t_w : Espesor del alma.	t_w :	<u>5.00</u>	mm
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	<u>2669.77</u>	kp/cm ²
Siendo:			
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{Mo} :	<u>1.05</u>	

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad \mathbf{29.04} < \mathbf{64.71}$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.	λ_w :	<u>29.04</u>
λ_{máx} : Esbeltez máxima.	λ_{máx} :	<u>64.71</u>
ε : Factor de reducción.	ε :	<u>0.92</u>

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.	f_{ref} :	<u>2395.51</u>	kp/cm ²
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	<u>2803.26</u>	kp/cm ²

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 **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V_{c,Rd}**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad \mathbf{0.047} \leq \mathbf{6.166}$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N27, para la combinación de acciones 1.35·G.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.047} \quad t$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{12.331} \quad t$$

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:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.141}$$



$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N27, para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(EI)$.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{6.509} \quad t$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{0.067} \quad t \cdot m$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.000} \quad t \cdot m$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{53.662} \quad t$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{3.308} \quad t \cdot m$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{0.697} \quad t \cdot m$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{0.000} \quad t \cdot m$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{0.00} \quad \text{kp/cm}^2$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{123.90} \quad \text{cm}^3$$

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{20.10} \quad \text{cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{3.308} \quad t \cdot m$$

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N27, para la combinación de acciones 1.35·G.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.047 \leq 6.166$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{0.047}{t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{12.331}{t}$$

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)

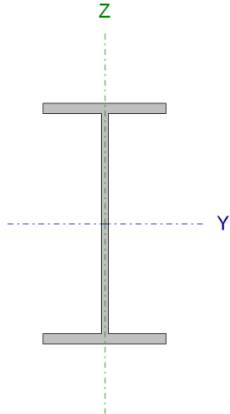
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

Viga atado tipo izquierda

Perfil: IPE 160, Simple con cartelas
Material: Acero (S275)

Perfil: IPE 160, Simple con cartelas Material: Acero (S275)								
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾				
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)	
	N11	N18	5.000	20.10	869.30	68.31	3.60	
	Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N11) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
		Pandeo			Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
	β	0.00	1.00	0.00	0.00			
	L _K	0.000	5.000	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 0.88



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.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

Clase : 1

A : 20.10 cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : 73.465 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,y} : 73.465 t

N_{cr,z} : ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y :	<u>869.30</u>	cm ⁴
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z :	<u>68.31</u>	cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t :	<u>3.60</u>	cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w :	<u>3960.00</u>	cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.	E :	<u>2140673</u>	kp/cm ²
G : Módulo de elasticidad transversal.	G :	<u>825688</u>	kp/cm ²
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} :	<u>5.000</u>	m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	<u>0.000</u>	m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	<u>0.000</u>	m
i_o : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_o :	<u>6.83</u>	cm

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	<u>6.58</u>	cm
	i_z :	<u>1.84</u>	cm
y_o , z_o : 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_o :	<u>0.00</u>	mm
	z_o :	<u>0.00</u>	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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$29.04 \leq 250.58$$



Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w :	<u>145.20</u>	mm
t_w : Espesor del alma.	t_w :	<u>5.00</u>	mm
A_w : Área del alma.	A_w :	<u>7.26</u>	cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} :	<u>6.07</u>	cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k :	<u>0.30</u>	
E : Módulo de elasticidad.	E :	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	<u>2803.26</u>	kp/cm ²

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.185}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(180°)H1.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{t,Ed} : \underline{9.912} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{t,Rd} : \underline{53.662} \quad \text{t}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$\mathbf{A} : \underline{20.10} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{\gamma}_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.107}$$



$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.143}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N}_{c,Ed} : \underline{5.762} \quad \text{t}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

$$\mathbf{N}_{c,Rd} : \underline{53.662} \quad \text{t}$$

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.

$$\mathbf{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$\mathbf{A} : \underline{20.10} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{40.230} \text{ t}$$

Donde:

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{20.10} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.75}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.95}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.88}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{73.465} \text{ t}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{73.465} \text{ t}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\infty}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.132}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N18, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.340} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N18, para la combinación de acciones $1.35\cdot G+1.5\cdot V(90^\circ)H2+0.75\cdot N(EI)$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.435} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{3.308} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{123.90} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.012}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N18, para la combinación de acciones $0.8\cdot G+1.5\cdot V(270^\circ)H1+0.75\cdot N(R)1$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.006} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N18, para la combinación de acciones $0.8\cdot G+1.5\cdot V(90^\circ)H2+0.75\cdot N(R)2$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.009} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{0.697} \quad \text{t}\cdot\text{m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{26.10} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm² 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 : 0.011

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N18, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

 V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.140 tEl esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por: $V_{c,Rd}$: 12.331 t

Donde:

 A_v : Área transversal a cortante. A_v : 8.00 cm²

Siendo:

 h : Canto de la sección. h : 160.00 mm t_w : Espesor del alma. t_w : 5.00 mm f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

 f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm² 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

29.04 < **64.71**

Donde:

 λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 29.04 $\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71 ε : Factor de reducción. ε : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.	f_{ref}	:	<u>2395.51</u>	kp/cm ²
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed}	:	<u>0.002</u>	t
---	----------	---	--------------	---

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$:	<u>19.792</u>	t
------------	---	---------------	---

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.	A_v	:	<u>12.84</u>	cm ²
--------------------------------------	-------	---	--------------	-----------------

Siendo:

A : Área de la sección bruta.	A	:	<u>20.10</u>	cm ²
---------------------------------	-----	---	--------------	-----------------

d : Altura del alma.	d	:	<u>145.20</u>	mm
------------------------	-----	---	---------------	----

t_w : Espesor del alma.	t_w	:	<u>5.00</u>	mm
---------------------------	-------	---	-------------	----

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²
--	----------	---	----------------	--------------------

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
---	-------	---	----------------	--------------------

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{Mo}	:	<u>1.05</u>	
--	---------------	---	-------------	--

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.110 \leq 6.166$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N11, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V_{Ed}	:	<u>0.110</u>	t
---	----------	---	--------------	---

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 12.331 t

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

0.002 ≤ **9.896**

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N11, para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.002 t

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 19.792 t

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 : **0.250** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : **0.294** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : **0.205** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N18, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 5.762 t

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}$: 0.435 t·m

$M_{z,Ed}$: 0.008 t·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 compresión de la sección bruta.

$N_{pl,Rd}$: 53.662 t

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{pl,Rd,y}$: 3.308 t·m

$M_{pl,Rd,z}$: 0.697 t·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

A : 20.10 cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a

$W_{pl,y}$: 123.90 cm³

la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$W_{pl,z}$:	<u>26.10</u>	cm ³
f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

k_y, k_z : Coeficientes de interacción.

f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{M1}	:	<u>1.05</u>	

k_y	:	<u>1.10</u>	
-------	---	-------------	--

k_z	:	<u>1.00</u>	
-------	---	-------------	--

$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

χ_y, χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y, \bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$C_{m,y}$:	<u>1.00</u>	
-----------	---	-------------	--

$C_{m,z}$:	<u>1.00</u>	
-----------	---	-------------	--

χ_y	:	<u>0.75</u>	
----------	---	-------------	--

χ_z	:	<u>1.00</u>	
----------	---	-------------	--

$\bar{\lambda}_y$:	<u>0.88</u>	
-------------------	---	-------------	--

$\bar{\lambda}_z$:	<u>0.00</u>	
-------------------	---	-------------	--

α_y	:	<u>0.60</u>	
------------	---	-------------	--

α_z	:	<u>0.60</u>	
------------	---	-------------	--

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N11, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(270°)H1.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \quad \mathbf{0.110} \leq \mathbf{6.166}$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{Ed,z}$:	<u>0.110</u>	t
------------	---	--------------	---

$V_{c,Rd,z}$:	<u>12.331</u>	t
--------------	---	---------------	---

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

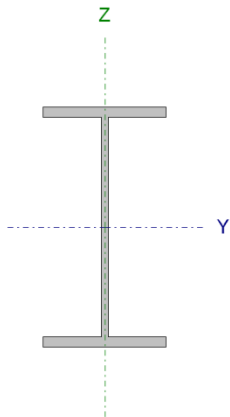
Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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.

Viga atado tipo tejavana

Perfil: IPE 160, Simple con cartelas Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)
	N16	N23	5.000	20.10	869.30	68.31	3.60
Notas: Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N16) Inercia respecto al eje indicado ⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme							
			Pandeo		Pandeo lateral		
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
	β		0.00	1.00	0.00	0.00	
	L _k		0.000	5.000	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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 0.88



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.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

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.

Clase : 1

A : 20.10 cm²

f_y : 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : 73.465 t

N_{cr,y} : 73.465 t

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{\hspace{2cm}} \infty$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\hspace{2cm}} \infty$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : \underline{\hspace{2cm}} 869.30 \quad \text{cm}^4$$

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{\hspace{2cm}} 68.31 \quad \text{cm}^4$$

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{\hspace{2cm}} 3.60 \quad \text{cm}^4$$

I_w: Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{\hspace{2cm}} 3960.00 \quad \text{cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{\hspace{2cm}} 2140673 \quad \text{kp/cm}^2$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{\hspace{2cm}} 825688 \quad \text{kp/cm}^2$$

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : \underline{\hspace{2cm}} 5.000 \quad \text{m}$$

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : \underline{\hspace{2cm}} 0.000 \quad \text{m}$$

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : \underline{\hspace{2cm}} 0.000 \quad \text{m}$$

i_o: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_o : \underline{\hspace{2cm}} 6.83 \quad \text{cm}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$i_y : \underline{\hspace{2cm}} 6.58 \quad \text{cm}$$

$$i_z : \underline{\hspace{2cm}} 1.84 \quad \text{cm}$$

y_o , z_o: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$y_o : \underline{\hspace{2cm}} 0.00 \quad \text{mm}$$

$$z_o : \underline{\hspace{2cm}} 0.00 \quad \text{mm}$$

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:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$29.04 \leq 250.58$$



Donde:

h_w: Altura del alma.

$$h_w : \underline{\hspace{2cm}} 145.20 \quad \text{mm}$$

t_w: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{\hspace{2cm}} 5.00 \quad \text{mm}$$


A_w: Área del alma.
A_{fc,ef}: Área reducida del ala comprimida.
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.
E: Módulo de elasticidad.
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.
 Siendo:

A_w	:	<u>7.26</u>	cm ²
A_{fc,ef}	:	<u>6.07</u>	cm ²
k	:	<u>0.30</u>	
E	:	<u>2140673</u>	kp/cm ²
f_{yf}	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²

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	:	<u>0.051</u>	
----------	---	--------------	---

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(0°)H3+0.75·N(EI).

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed}	:	<u>2.763</u>	t
-------------------------	---	--------------	---

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

N_{t,Rd}	:	<u>53.662</u>	t
-------------------------	---	---------------	---

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

A	:	<u>20.10</u>	cm ²
f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²

Siendo:


f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{Mo}	:	<u>1.05</u>	


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	:	<u>0.017</u>	
----------	---	--------------	---

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η	:	<u>0.023</u>	
----------	---	--------------	---

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

N_{c,Ed}: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

N_{c,Ed}	:	<u>0.918</u>	t
-------------------------	---	--------------	---

La resistencia de cálculo a compresión **N_{c,Rd}** viene dada por:

N_{c,Rd}	:	<u>53.662</u>	t
-------------------------	---	---------------	---

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.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$\text{Clase} : \underline{\quad 1 \quad}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &: \underline{\quad 20.10 \quad} \text{ cm}^2 \\ \mathbf{f_{yd}} &: \underline{\quad 2669.77 \quad} \text{ kp/cm}^2 \end{aligned}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\mathbf{f_y} : \underline{\quad 2803.26 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

$$\mathbf{\gamma_{M0}} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} : \underline{\quad 40.230 \quad} \text{ t}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$\begin{aligned} \mathbf{A} &: \underline{\quad 20.10 \quad} \text{ cm}^2 \\ \mathbf{f_{yd}} &: \underline{\quad 2669.77 \quad} \text{ kp/cm}^2 \end{aligned}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\mathbf{f_y} : \underline{\quad 2803.26 \quad} \text{ kp/cm}^2$$

$$\mathbf{\gamma_{M1}} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

$$\mathbf{\chi_y} : \underline{\quad 0.75 \quad}$$

Siendo:

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\mathbf{\phi_y} : \underline{\quad 0.95 \quad}$$

$$\mathbf{\alpha_y} : \underline{\quad 0.21 \quad}$$

$$\mathbf{\bar{\lambda}_y} : \underline{\quad 0.88 \quad}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$\mathbf{N_{cr}} : \underline{\quad 73.465 \quad} \text{ t}$$

$$\mathbf{N_{cr,y}} : \underline{\quad 73.465 \quad} \text{ t}$$

$$\mathbf{N_{cr,z}} : \underline{\quad \infty \quad}$$

$$\mathbf{N_{cr,T}} : \underline{\quad \infty \quad}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.020}$$



Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·G.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.067} \quad \text{t·m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.000} \quad \text{t·m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{3.308} \quad \text{t·m}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{123.90} \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.004}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·G.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.053} \quad \text{t}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{12.331} \quad \text{t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 8.00 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección. h : 160.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 5.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 29.04 < 64.71$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma. λ_w : 29.04

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ε : Factor de reducción. ε : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia. f_{ref} : 2395.51 kp/cm²

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 2803.26 kp/cm²

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 V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.047 \leq 6.166$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·G.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.047} \quad t$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : \underline{12.331} \quad t$$

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:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.072}$$



$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta < \underline{0.001}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(0°)H3+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{2.763} \quad t$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{0.067} \quad t \cdot m$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.000} \quad t \cdot m$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{53.662} \quad t$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{3.308} \quad t \cdot m$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{0.697} \quad t \cdot m$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{0.000} \quad t \cdot m$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{0.00} \quad \text{kp/cm}^2$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{123.90} \quad \text{cm}^3$$

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{20.10} \quad \text{cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{3.308} \quad t \cdot m$$

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 V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·G.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

$$0.047 \leq 6.166$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{0.047}{t}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{12.331}{t}$$

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)

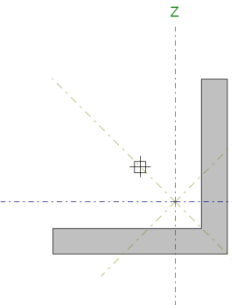
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

3.5 ARRIOSTRAMIENTOS

Arriostramiento lateral derecha inferior

Perfil: L 20 x 20 x 3 Material: Acero (S275)											
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (m)	z _g ⁽³⁾ (m)	α ⁽⁵⁾ (grados)
	N5	N89		5.963	1.12	0.39	0.39	0.23	0.03	4.00	-4.00
<p><i>Notas:</i> Inercia respecto al eje indicado Momento de inercia a torsión uniforme Coordenadas del centro de gravedad Producto de inercia ⁽⁵⁾ Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.</p>											
		Pandeo				Pandeo lateral					
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.						
β		0.00	0.00	0.00	0.00						
L _k		0.000	0.000	0.000	0.000						
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000						
C ₁		-				1.000					
<p><i>Notación:</i> β: Coeficiente de pandeo L_k: Longitud de pandeo (m) C_m: Coeficiente de momentos C₁: Factor de modificación para el momento crítico</p>											

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 de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01}$$



Donde:

- A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.
- f_y**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
- N_{cr}**: Axil crítico de pandeo elástico.

A	:	<u>1.12</u>	cm ²
f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
N_{cr}	:	<u>∞</u>	

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.865}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{\quad 2.586 \quad} \quad t$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{\quad 2.990 \quad} \quad t$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{\quad 1.12 \quad} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\quad 2669.77 \quad} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\quad 2803.26 \quad} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{\quad 1.05 \quad}$$

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)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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 hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

Arriostramiento lateral derecha medio

Perfil: L 25 x 25 x 4 Material: Acero (S275)											
Nudos	Longitud (m)	Área (cm ²)	Características mecánicas								
			I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (m)	z _g ⁽³⁾ (m)	α ⁽⁵⁾ (grados)		
N88	N80	5.963	1.85	1.01	1.01	0.58	0.10	4.90	-4.90	-45.0	
Notas: Inercia respecto al eje indicado Momento de inercia a torsión uniforme Coordenadas del centro de gravedad Producto de inercia ⁽⁵⁾ Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.											
	Pandeo		Pandeo lateral								
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.						
	β	0.00	0.00	0.00	0.00						
	L _k	0.000	0.000	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 de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} < 0.01$$



Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

A	:	<u>1.85</u>	cm ²
f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
N_{cr}	:	<u>∞</u>	

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.986$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed}	:	<u>4.870</u>	t
-------------------------	---	--------------	---

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

N_{t,Rd}	:	<u>4.939</u>	t
-------------------------	---	--------------	---

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

A	:	<u>1.85</u>	cm ²
f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{Mo}	:	<u>1.05</u>	

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)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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 hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

Arriostramiento lateral derecha superior

Perfil: L 20 x 20 x 3
Material: Acero (S275)

Perfil: L 20 x 20 x 3 Material: Acero (S275)											
Nodos		Longitud (m)	Características mecánicas								
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (m)	z _g ⁽³⁾ (m)	α ⁽⁵⁾ (grados)	
N76	N48	5.220	1.12	0.39	0.39	0.23	0.03	4.00	-4.00	-45.0	
Notas: Inercia respecto al eje indicado Momento de inercia a torsión uniforme Coordenadas del centro de gravedad Producto de inercia ⁽⁵⁾ Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.											
		Pandeo			Pandeo lateral						
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.						
β		0.00	0.00	0.00	0.00						
L _k		0.000	0.000	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 de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} < 0.01$



Donde:

- A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.
- f_y**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
- N_{cr}**: Axil crítico de pandeo elástico.

A : $\frac{1.12}{\text{cm}^2}$
f_y : $\frac{2803.26}{\text{kp/cm}^2}$
N_{cr} : $\frac{\infty}{\text{kp/cm}^2}$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta : 0.676$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{\underline{2.023}} \quad t$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{\underline{2.990}} \quad t$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{\underline{1.12}} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{2669.77}} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{2803.26}} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{\underline{1.05}}$$

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)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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 hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

Arriostramiento lateral izquierda inferior

Perfil: L 30 x 30 x 4 Material: Acero (S275)											
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas								
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (m)	z _g ⁽³⁾ (m)	α ⁽⁵⁾ (grados)	
N3	N85	5.963	2.27	1.80	1.80	1.05	0.12	6.20	-6.20	-45.0	
Notas: Inercia respecto al eje indicado Momento de inercia a torsión uniforme Coordenadas del centro de gravedad Producto de inercia ⁽⁵⁾ Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.											
		Pandeo			Pandeo lateral						
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.						
β		0.00	0.00	0.00	0.00						
L _K		0.000	0.000	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 de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} < 0.01$$



Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

A	:	<u>2.27</u>	cm ²
f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
N_{cr}	:	<u>∞</u>	

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.996$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed}	:	<u>6.038</u>	t
-------------------------	---	--------------	---

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

N_{t,Rd}	:	<u>6.060</u>	t
-------------------------	---	--------------	---

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

A	:	<u>2.27</u>	cm ²
f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{Mo}	:	<u>1.05</u>	

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)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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 hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

Arriostramiento lateral izquierda medio

Perfil: L 40 x 40 x 4
Material: Acero (S275)

Perfil: L 40 x 40 x 4 Material: Acero (S275)											
Nodos		Longitud (m)	Características mecánicas								
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (m)	z _g ⁽³⁾ (m)	α ⁽⁵⁾ (grados)	
N85	N74	5.963	3.08	4.47	4.47	2.63	0.16	8.80	-8.80	-45.0	
Notas: Inercia respecto al eje indicado Momento de inercia a torsión uniforme Coordenadas del centro de gravedad Producto de inercia ⁽⁵⁾ Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.											
		Pandeo			Pandeo lateral						
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.						
β	0.00		0.00	0.00	0.00						
L _k	0.000		0.000	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 de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} < 0.01$



Donde:

- A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.
- f_y**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
- N_{cr}**: Axil crítico de pandeo elástico.

A : $\frac{3.08}{}$ cm²
f_y : $\frac{2803.26}{}$ kp/cm²
N_{cr} : $\frac{\infty}{}$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta : 0.957$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{\underline{7.867}} \quad t$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{\underline{8.223}} \quad t$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{\underline{3.08}} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{2669.77}} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{2803.26}} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{\underline{1.05}}$$

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)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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 hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

Arriostramiento lateral izquierda superior

Perfil: L 25 x 25 x 4 Material: Acero (S275)											
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas									
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (m)	z _g ⁽³⁾ (m)	α ⁽⁵⁾ (grados)		
N70	N46	5.220	1.85	1.01	1.01	0.58	0.10	4.90	-4.90	-45.0	
Notas: Inercia respecto al eje indicado Momento de inercia a torsión uniforme Coordenadas del centro de gravedad Producto de inercia ⁽⁵⁾ Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.											
			Pandeo				Pandeo lateral				
			Plano XY	Plano XZ		Ala sup.	Ala inf.				
	β		0.00	0.00		0.00	0.00				
	L _K		0.000	0.000		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 de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} < 0.01$$



Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

A	:	<u>1.85</u>	cm ²
f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
N_{cr}	:	<u>∞</u>	

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.651$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed}	:	<u>3.215</u>	t
-------------------------	---	--------------	---

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

N_{t,Rd}	:	<u>4.939</u>	t
-------------------------	---	--------------	---

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

A	:	<u>1.85</u>	cm ²
f_{yd}	:	<u>2669.77</u>	kp/cm ²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

f_y	:	<u>2803.26</u>	kp/cm ²
γ_{Mo}	:	<u>1.05</u>	

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)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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 hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

Arriostramiento lateral tejavana

Perfil: L 20 x 20 x 3
Material: Acero (S275)

Perfil: L 20 x 20 x 3 Material: Acero (S275)											
Nodos		Longitud (m)	Características mecánicas								
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (m)	z _g ⁽³⁾ (m)	α ⁽⁵⁾ (grados)	
N43	N37	7.036	1.12	0.39	0.39	0.23	0.03	4.00	-4.00	-45.0	
Notas: Inercia respecto al eje indicado Momento de inercia a torsión uniforme Coordenadas del centro de gravedad Producto de inercia ⁽⁵⁾ Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.											
		Pandeo			Pandeo lateral						
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.						
β		0.00	0.00	0.00	0.00						
L _k		0.000	0.000	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 de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} < \mathbf{0.01}$

✓

Donde:

- A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.
- f_y**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
- N_{cr}**: Axil crítico de pandeo elástico.

A	:	1.12	cm ²
f_y	:	2803.26	kp/cm ²
N_{cr}	:	∞	

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta : \mathbf{0.581}$

✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{\underline{1.736}} \quad t$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{\underline{2.990}} \quad t$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{\underline{1.12}} \quad \text{cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{\underline{2669.77}} \quad \text{kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{\underline{2803.26}} \quad \text{kp/cm}^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{\underline{1.05}}$$

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)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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 hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

VIGAS A CONTRAVIENTO
Contraviento derecha superior

Perfil: L 20 x 20 x 3 Material: Acero (S275)										
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)
N67	N7	6.168	1.12	0.39	0.39	0.23	0.03	4.00	-4.00	-45.0
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.										
	Pandeo		Pandeo lateral							
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.					
	β	0.00	0.00	0.00	0.00					
	L _k	0.000	0.000	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 de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} < \mathbf{0.01}$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : $\frac{1.12}{\text{cm}^2}$

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : $\frac{2803.26}{\text{kp/cm}^2}$

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : $\frac{\infty}{\text{kp/cm}^2}$

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 : **0.578** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed} : $\frac{1.727}{\text{t}}$

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

N_{t,Rd} : $\frac{2.990}{\text{t}}$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : $\frac{1.12}{\text{cm}^2}$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : $\frac{2669.77}{\text{kp/cm}^2}$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : $\frac{2803.26}{\text{kp/cm}^2}$

γ_{MO}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{MO} : $\frac{1.05}{\text{kp/cm}^2}$

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)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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 hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

Contraviento derecha inferior

Perfil: L 40 x 40 x 5
Material: Acero (S275)

Perfil: L 40 x 40 x 5 Material: Acero (S275)											
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas								
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)	
N6	N67	8.365	3.79	5.43	5.43	3.18	0.31	8.40	-8.40	-45.0	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.											
		Pandeo				Pandeo lateral					
		Plano XY		Plano XZ		Ala sup.		Ala inf.			
β	0.00		0.00		0.00		0.00				
L _k	0.000		0.000		0.000		0.000				
C _m	1.000		1.000		1.000		1.000				
C _i	-				1.000						
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C _i : 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 de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} < 0.01$ ✓

Donde:

- A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.
- f_y**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
- N_{cr}**: Axil crítico de pandeo elástico.

A: 3.79 cm²
f_y: 2803.26 kp/cm²
N_{cr}: ∞

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta : 0.771$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(90°)H2.

N_{t,Ed}: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

N_{t,Ed}: 7.801 t

La resistencia de cálculo a tracción **N_{t,Rd}** viene dada por:

N_{t,Rd}: 10.118 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 3.79 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 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)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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 hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

Contraviento izquierda superior

Perfil: L 20 x 20 x 3 Material: Acero (S275)											
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas									
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)		
N60	N14	6.168	1.12	0.39	0.39	0.23	0.03	4.00	-4.00	-45.0	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.											
		Pandeo		Pandeo lateral							
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.						
β		0.00	0.00	0.00	0.00						
L _k		0.000	0.000	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											

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N60/N14	$\bar{\lambda} \leq 4.0$	$\eta = 57.4$	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPLE η = 57.4
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede															

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	M_t	$M_t V_z$	$M_t V_y$	
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (5) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (6) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (8) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															

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 de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} < \mathbf{0.01}$

Donde:

- A:** Área bruta de la sección transversal de la barra.
- f_y :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
- N_{cr} :** Axil crítico de pandeo elástico.

- A:** 1.12 cm²
- f_y :** 2803.26 kp/cm²
- N_{cr} :** ∞

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta : \mathbf{0.574}$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$: 1.716 t

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$N_{t,Rd}$: 2.990 t

Donde:

- A:** Área bruta de la sección transversal de la barra.
- f_{yd} :** Resistencia de cálculo del acero.

- A:** 1.12 cm²
- f_{yd} :** 2669.77 kp/cm²

Siendo:

- f_y :** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
- γ_{Mo} :** Coeficiente parcial de seguridad del material.

- f_y :** 2803.26 kp/cm²
- γ_{Mo} :** 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)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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 hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

Contraviento izquierda inferior

Perfil: L 40 x 40 x 5 Material: Acero (S275)											
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)
	N4	N65	8.365	3.79	5.43	5.43	3.18	0.31	8.40	-8.40	-45.0
	Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme ⁽³⁾ Coordenadas del centro de gravedad ⁽⁴⁾ Producto de inercia ⁽⁵⁾ Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.										
			Pandeo			Pandeo lateral					
		Plano XY		Plano XZ		Ala sup.		Ala inf.			
β		0.00		0.00		0.00		0.00			
L _k		0.000		0.000		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											

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado	
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N4/N65	$\bar{\lambda} \leq 4.0$	$\eta = 93.6$	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPLE η = 93.6
Notación: λ̄: Limitación de esbeltez N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede															
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽⁴⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁵⁾ No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁶⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁷⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁸⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															

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 de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} < \mathbf{0.01}$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

A: 3.79 cm²
f_y: 2803.26 kp/cm²

N_{cr} : Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : ∞

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 : **0.936** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot G + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$: 9.470 t

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: 10.118 t

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A: 3.79 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd}: 2669.77 kp/cm²

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y: 2803.26 kp/cm²

γ_{Mo}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo}: 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)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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 hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

Contraviento tejavana superior

Perfil: L 25 x 25 x 4
Material: Acero (S275)

Perfil: L 25 x 25 x 4 Material: Acero (S275)											
Nodos	Longitud (m)	Características mecánicas									
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)		
Inicial	Final										
N51	N11	7.958	1.85	1.01	1.01	0.58	0.10	4.90	-4.90	-45.0	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.											
		Pandeo				Pandeo lateral					
		Plano XY		Plano XZ		Ala sup.		Ala inf.			
β		0.00		0.00		0.00		0.00			
L _K		0.000		0.000		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											

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y		
N51/N11	$\bar{\lambda} \leq 4.0$	$\eta = 93.6$	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPLE η = 93.6	
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (5) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (6) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (8) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

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 de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} < \mathbf{0.01}$

Donde:

- A**: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : 1.85 cm²
- f_y**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 2803.26 kp/cm²
- N_{cr}**: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : ∞

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.936}$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·G+1.5·V(270°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{4.625} \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{4.939} \text{ t}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{1.85} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{2669.77} \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{2803.26} \text{ kp/cm}^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : \underline{1.05}$$

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)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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 hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

Contraviento tejavana inferior

Perfil: L 25 x 25 x 4
Material: Acero (S275)

Perfil: L 25 x 25 x 4
Material: Acero (S275)

Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas								
		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _{yz} ⁽⁴⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	α ⁽⁵⁾ (grados)	
Inicial	Final									
N9	N51	7.958	1.85	1.01	1.01	0.58	0.10	4.90	-4.90	-45.0

Notas:
 (1) Inercia respecto al eje indicado
 (2) Momento de inercia a torsión uniforme
 (3) Coordenadas del centro de gravedad
 (4) Producto de inercia
 (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	0.00	0.00	0.00
L _K	0.000	0.000	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
 C₁: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N9/N51	$\bar{\lambda} \leq 4.0$	$\eta = 74.5$	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPLE η = 74.5

Notación:
 $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
 N_t: Resistencia a tracción
 N_c: Resistencia a compresión
 M_y: Resistencia a flexión eje Y
 M_z: Resistencia a flexión eje Z
 V_z: Resistencia a corte Z
 V_y: Resistencia a corte Y
 M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
 M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
 NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados
 NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
 M_t: Resistencia a torsión
 M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
 M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
 x: Distancia al origen de la barra
 η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
 N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
 (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
 (2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
 (3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
 (4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
 (5) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
 (6) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
 (7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
 (8) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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 de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} < \mathbf{0.01}$

Donde:

- A**: Área bruta de la sección transversal de la barra.
- f_y**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
- N_{cr}**: Axil crítico de pandeo elástico.

- A**: 1.85 cm²
- f_y**: 2803.26 kp/cm²
- N_{cr}**: ∞

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : 0.745$$



El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·G+0.9·V(0°)H4+1.5·N(EI).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : 3.682 \text{ t}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : 4.939 \text{ t}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : 1.85 \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 2669.77 \text{ kp/cm}^2$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 2803.26 \text{ kp/cm}^2$$

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{Mo} : 1.05$$

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)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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 hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.



**ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA
INDUSTRIAL DE BILBAO**



GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2014 / 2015

*PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL
DESTINADA A LA FABRICACIÓN DE PUERTAS*

ANEXO C: UNIONES

DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO

NOMBRE: PABLO

APELLIDOS: PEÑA DE LA FRAGUA

DNI: 78944574-H

FDO.:

FECHA: 12/06/2015

DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA

NOMBRE: IRANTZU

APELLIDOS: URIARTE GALLASTEGUI

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA

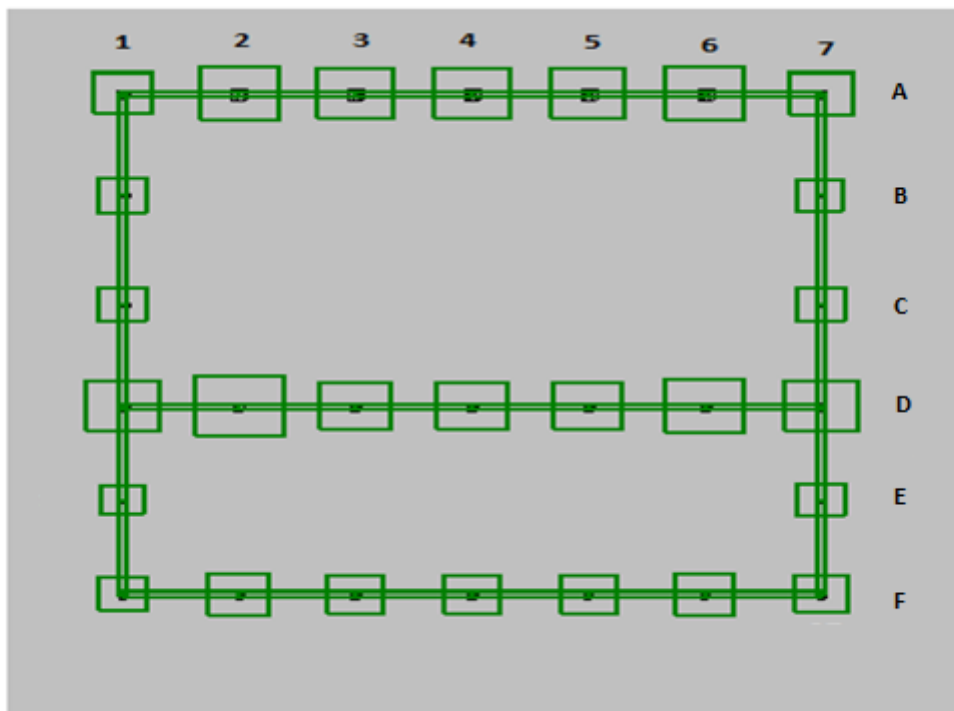
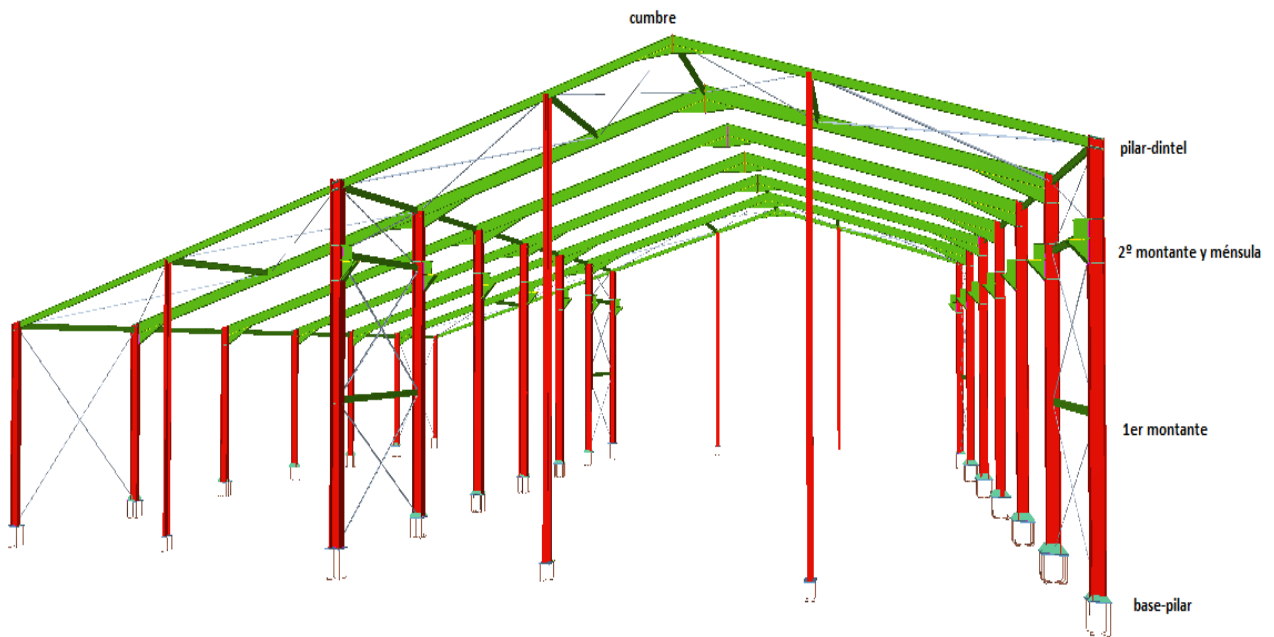
FDO.:

FECHA: 12/06/2015

ÍNDICE

ESQUEMA.....	2
3.1. NUDOS BASE-PILAR.....	3
3.2. NUDOS 1ºMONTANTE.....	32
3.3. NUDOS 2ºMONTANTE Y MÉNSULA.....	38
3.4. NUDOS PILAR-DINTEL.....	54
3.5. NUDOS CUMBRE.....	81

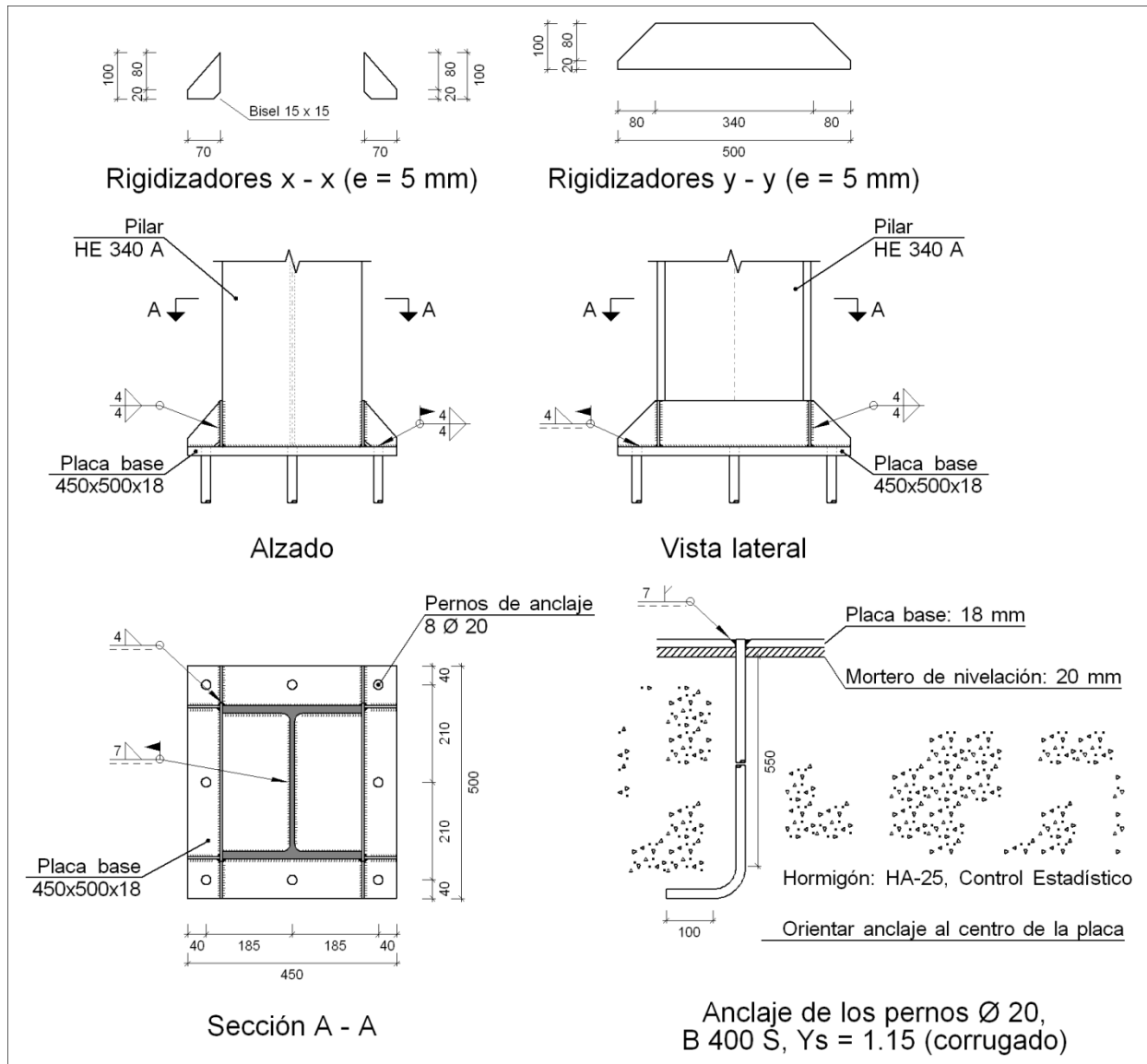
PLANOS Y CÁLCULOS DE TODOS LOS NUDOS DE LA ESTRUCTURA NOMBRADOS SEGÚN EL SIGUIENTE ESQUEMA



3.1 NUDOS BASE-PILAR:

NUDO 1A.- TIPO 1

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f _y (kp/cm ²)	f _u (kp/cm ²)
Placa base		450	500	18	8	38	22	9	S275	2803.3	4383.3
Rigidizador		70	100	5	-	-	-	-	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios												
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero			
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)	
Rigidizador		500	100	5	-	-	-	-	S275	2803.3	4383.3	

c) Comprobación

1) Pilar HE 340 A

Para cada cordón en ángulo de esta unión, se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

2) Placa de anclaje

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de perno en placa de anclaje(*)	7	0.0	0.0	1790.5	3101.3	75.18	0.0	0.00	4383.3	0.85

(*)Soldadura a tope (con penetración parcial) en bisel simple con talón de raíz amplio comprobada según el artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A.

Para el resto de cordones en ángulo se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

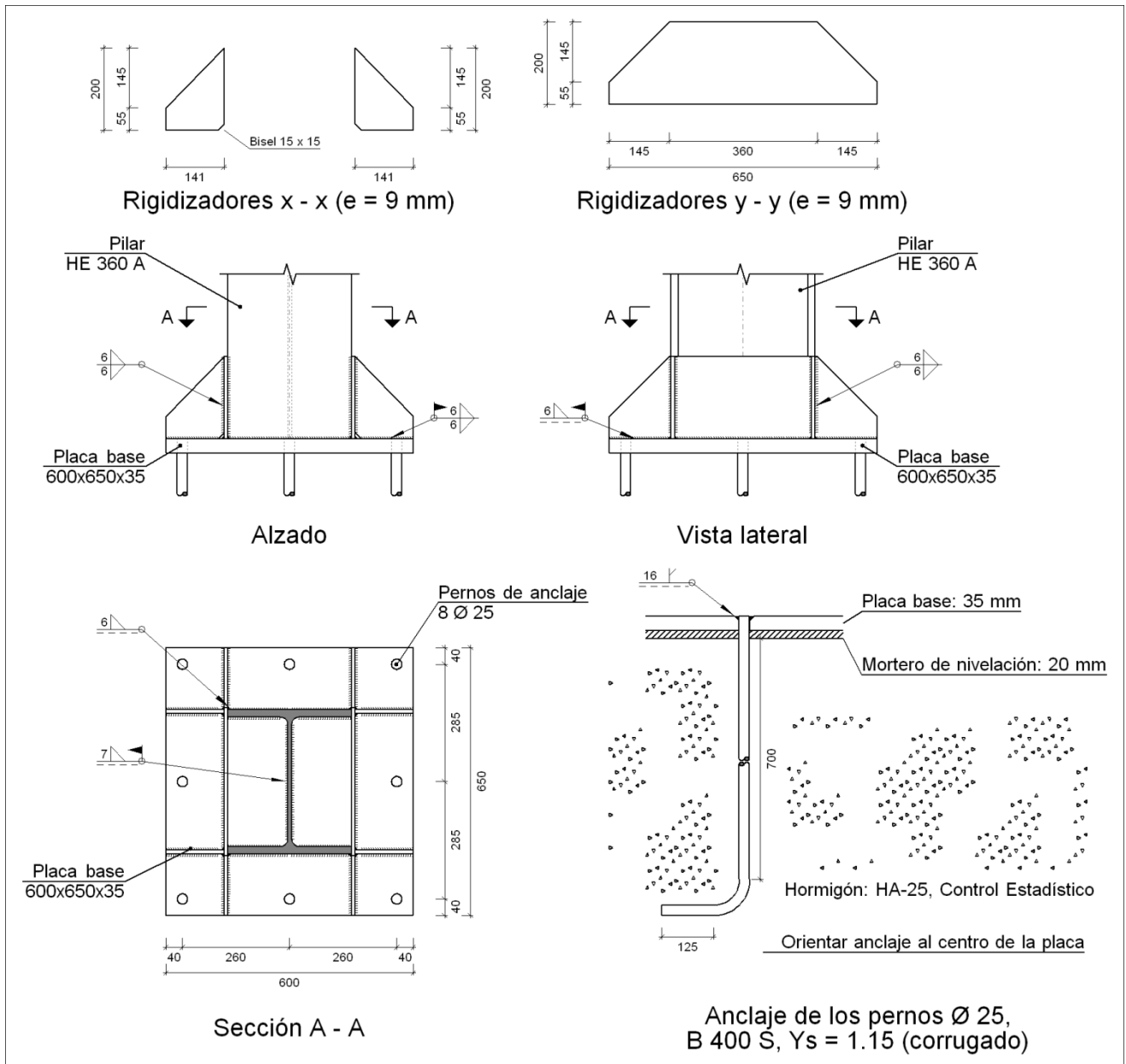
d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	4	1080
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	7	503
	En el lugar de montaje	En ángulo	4	1740
			7	1643

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	450x500x18	31.79
	Rigidizadores pasantes	2	500/340x100/20x5	3.42
	Rigidizadores no pasantes	4	70/0x100/20x5	0.66
	Total			35.87
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	8	$\varnothing 20 - L = 588 + 194$	15.43
	Total			15.43

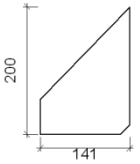
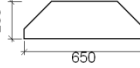
NUDOS 2A-6A.- TIPO 2

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f _y (kp/cm ²)	f _u (kp/cm ²)
Placa base		600	650	35	8	61	27	18	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios												
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero			
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)	
Rigidizador		141	200	9	-	-	-	-	S275	2803.3	4383.3	
Rigidizador		650	200	9	-	-	-	-	S275	2803.3	4383.3	

c) Comprobación

1) Pilar HE 360 A

Para cada cordón en ángulo de esta unión, se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

2) Placa de anclaje

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de perno en placa de anclaje(*)	16	0.0	0.0	1170.6	2027.6	49.15	0.0	0.00	4383.3	0.85

(*) Soldadura a tope (con penetración parcial) en bisel simple con talón de raíz amplio comprobada según el artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A.

Para el resto de cordones en ángulo se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

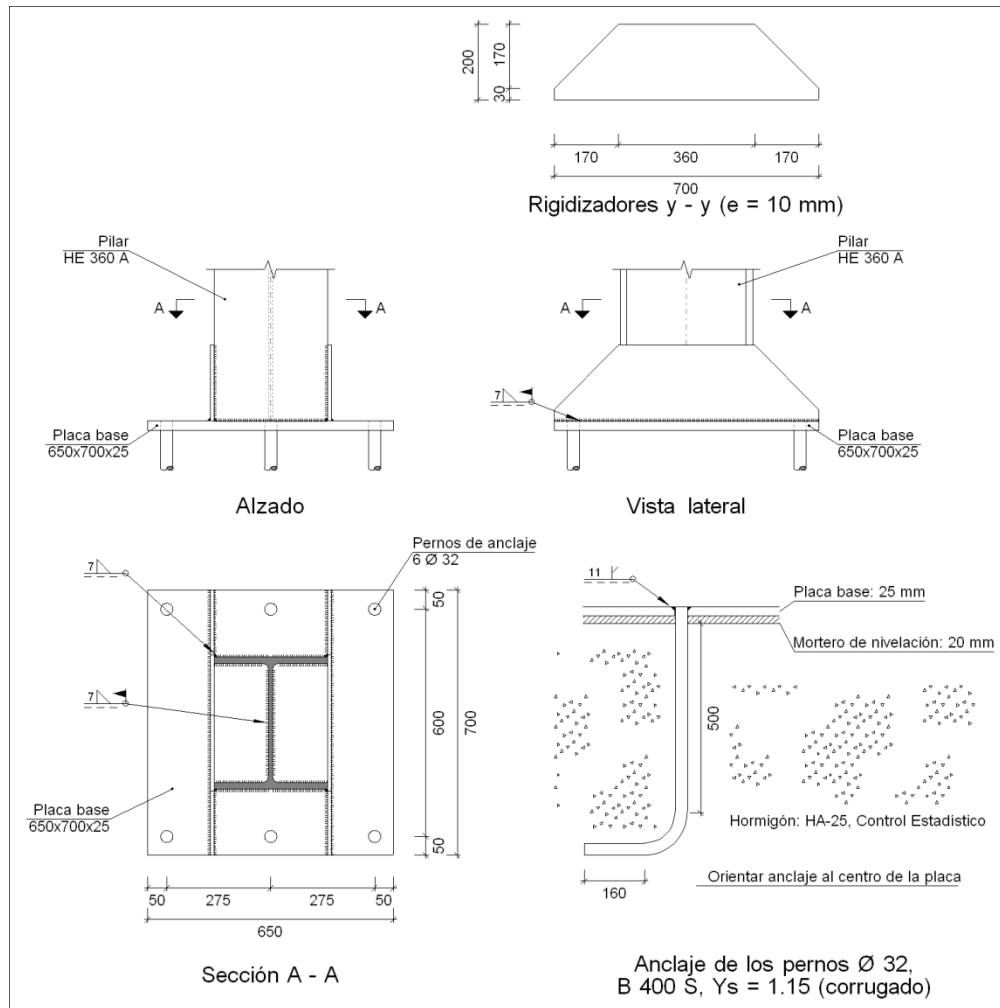
d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	6	2280
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	16	628
	En el lugar de montaje	En ángulo	6	2868
			7	1670

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	600x650x35	107.15
	Rigidizadores pasantes	2	650/360x200/55x9	15.40
	Rigidizadores no pasantes	4	141/0x200/55x9	5.08
	Total			127.63
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	8	Ø 25 - L = 755 + 243	30.76
	Total			30.76

NUDOS 3A-4A-5A.- TIPO 3

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Tipo	Acero	
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)		f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Placa base		650	700	25	6	58	34	13	S275	2803.3	4383.3
Rigidizador		700	200	10	-	-	-	-	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar HE 360 A

Para cada cordón en ángulo de esta unión, se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

2) Placa de anclaje

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de perno en placa de anclaje(*)	11	0.0	0.0	1345.4	2330.3	56.49	0.0	0.00	4383.3	0.85

(*)Soldadura a tope (con penetración parcial) en bisel simple con talón de raíz amplio comprobada según el artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A.

Para el resto de cordones en ángulo se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

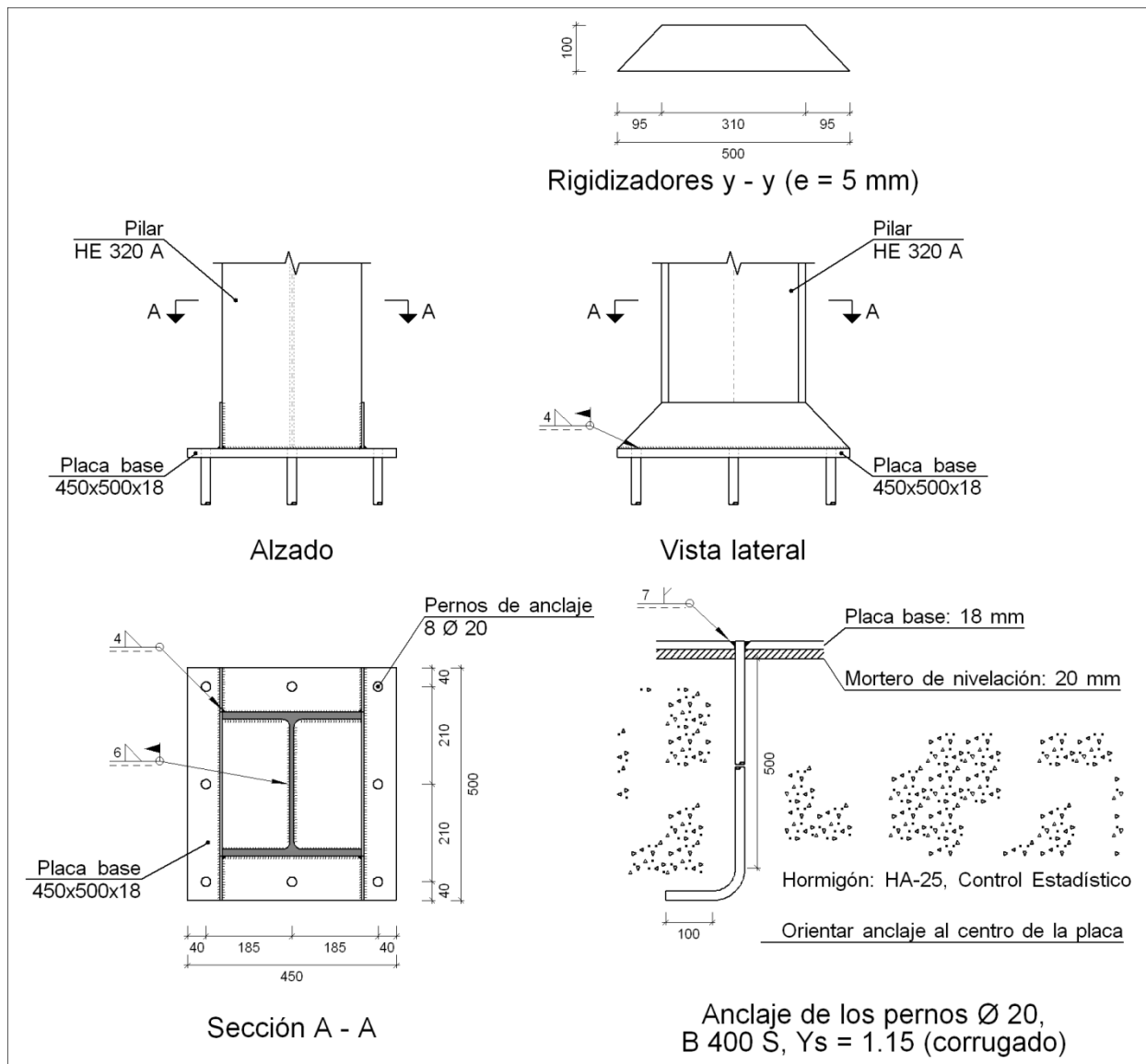
d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	7	800
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	11	603
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	3730

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	650x700x25	89.29
	Rigidizadores pasantes	2	700/360x200/30x10	17.44
	Total			106.74
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	6	Ø 32 - L = 545 + 311	32.42
	Total			32.42

NUDO 7A.- TIPO 4

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios												
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero			
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f _y (kp/cm ²)	f _u (kp/cm ²)	
Placa base		450	500	18	8	38	22	9	S275	2803.3	4383.3	
Rigidizador		500	100	5	-	-	-	-	S275	2803.3	4383.3	

c) Comprobación

1) Pilar HE 320 A

Para cada cordón en ángulo de esta unión, se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

2) Placa de anclaje

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de perno en placa de anclaje ^(*)	7	0.0	0.0	1684.1	2916.9	70.71	0.0	0.00	4383.3	0.85

^(*)Soldadura a tope (con penetración parcial) en bisel simple con talón de raíz amplio comprobada según el artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A.

Para el resto de cordones en ángulo se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

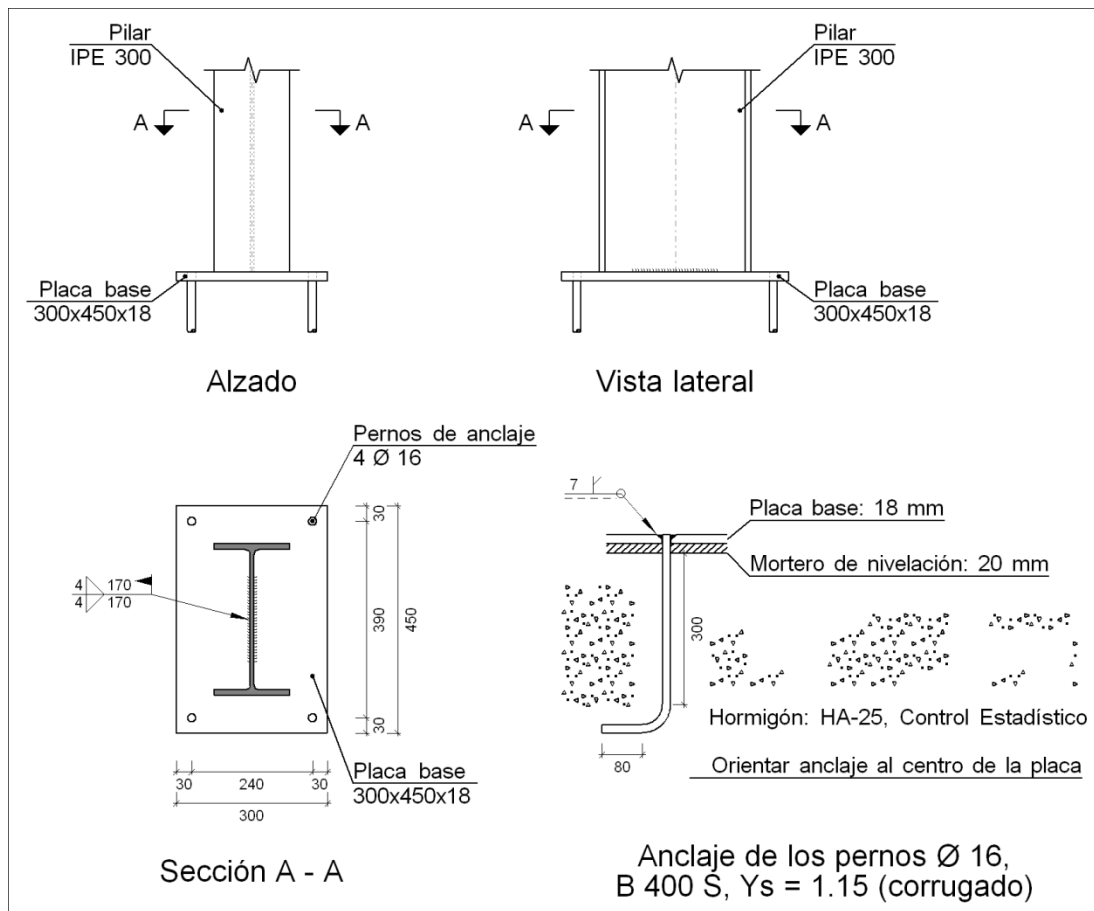
d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	4	400
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	7	503
	En el lugar de montaje	En ángulo	4	1346
			6	1616

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	450x500x18	31.79
	Rigidizadores pasantes	2	500/310x100/0x5	3.18
	Total			34.97
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	8	$\varnothing 20 - L = 538 + 194$	14.45
	Total			14.45

NUDOS 1B-7B-1C-7C.- TIPO 5

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Tipo	Acero	
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)		f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Placa base		300	450	18	4	34	18	9	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar IPE 300

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w	
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)			Aprov. (%)
Soldadura del alma	4	207.5	208.4	348.4	733.1	17.77	312.8	8.92	4383.3	0.85

2) Placa de anclaje

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de perno en placa de anclaje(*)	7	0.0	0.0	145.9	252.8	6.13	0.0	0.00	4383.3	0.85

(*)Soldadura a tope (con penetración parcial) en bisel simple con talón de raíz amplio comprobada según el artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A.

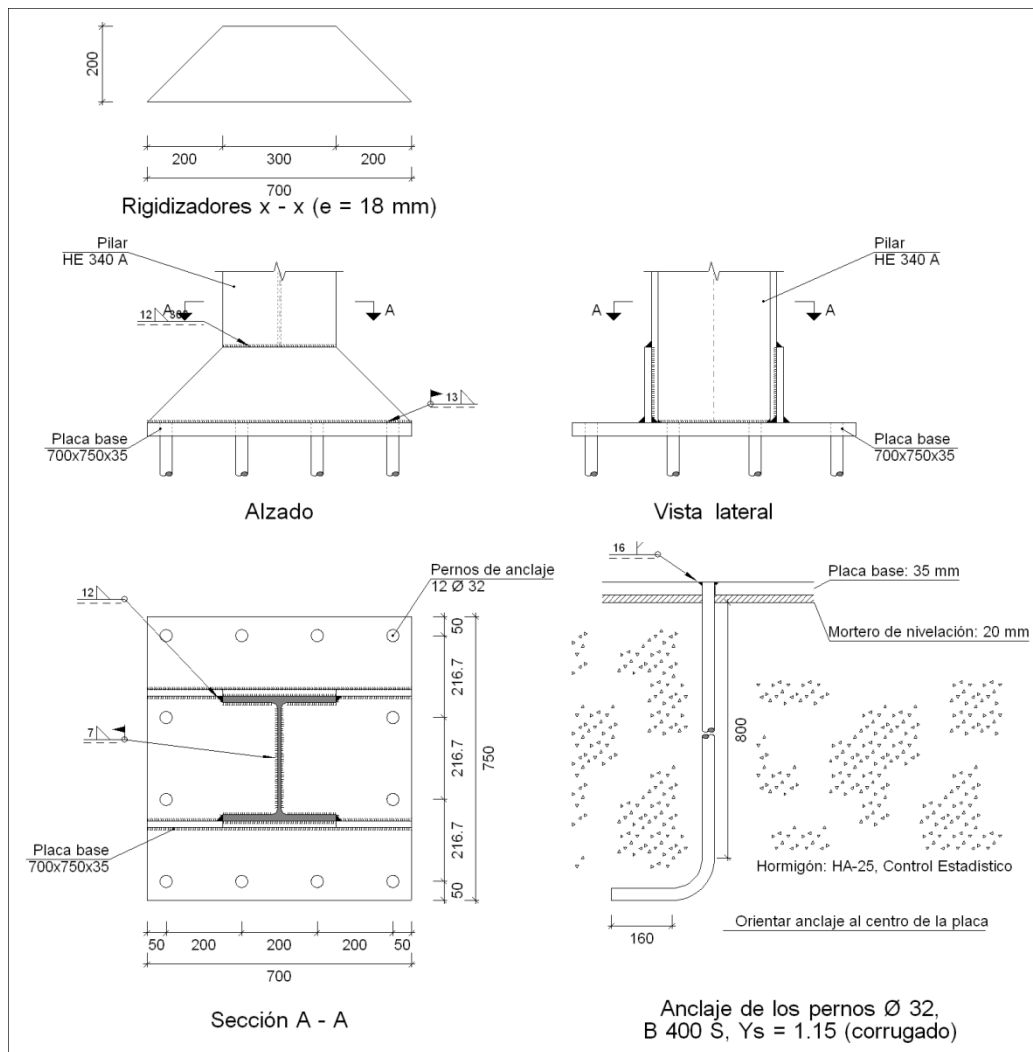
d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	7	201
	En el lugar de montaje	En ángulo	4	340

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	300x450x18	19.08
				Total
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 16 - L = 338 + 155	3.11
				Total

NUDO 1D.- TIPO 6

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Esquema	Geometría			Cantidad	Taladros			Tipo	Acero	
		Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)		f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Placa base		700	750	35	12	68	34	18	S275	2803.3	4383.3
Rigidizador		700	200	18	-	-	-	-	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar HE 340 A

Para cada cordón en ángulo de esta unión, se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

2) Placa de anclaje

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de perno en placa de anclaje(*)	16	0.0	0.0	1541.6	2670.1	64.72	0.0	0.00	4383.3	0.85

(*)Soldadura a tope (con penetración parcial) en bisel simple con talón de raíz amplio comprobada según el artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A.

Para el resto de cordones en ángulo se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

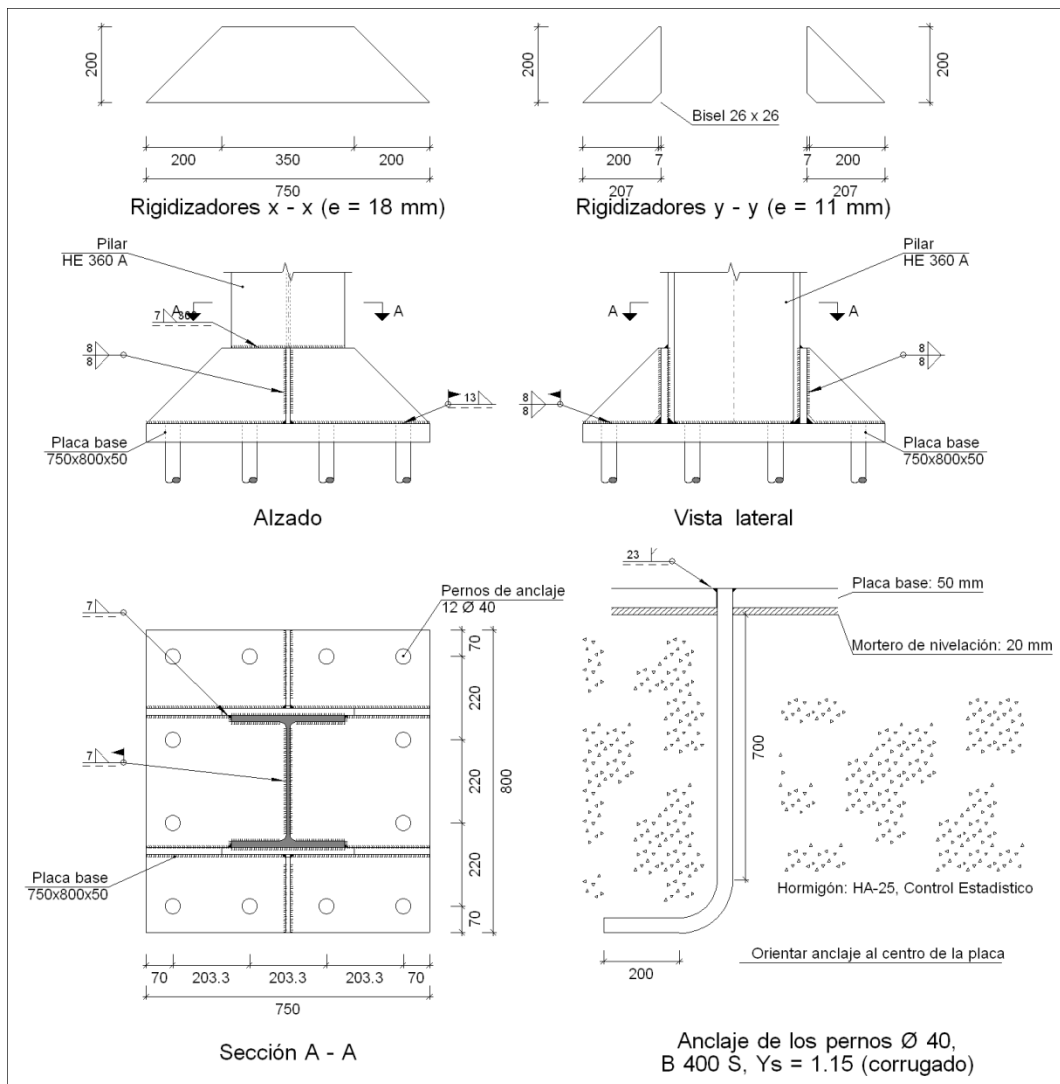
d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	12	1400
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	16	1206
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	1109
			13	2200

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	700x750x35	144.24
	Rigidizadores pasantes	2	700/300x200/0x18	28.26
	Total			172.50
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	12	Ø 32 - L = 855 + 311	88.32
	Total			88.32

NUDO 2D.- TIPO 7

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f _y (kp/cm ²)	f _u (kp/cm ²)
Placa base		750	800	50	12	90	42	25	S275	2803.3	4383.3
Rigidizador		750	200	18	-	-	-	-	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		207	200	11	-	-	-	-	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar HE 360 A

Para cada cordón en ángulo de esta unión, se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

2) Placa de anclaje

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de perno en placa de anclaje(*)	23	0.0	0.0	900.2	1559.1	37.79	0.0	0.00	4383.3	0.85

(*)Soldadura a tope (con penetración parcial) en bisel simple con talón de raíz amplio comprobada según el artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A.

Para el resto de cordones en ángulo se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

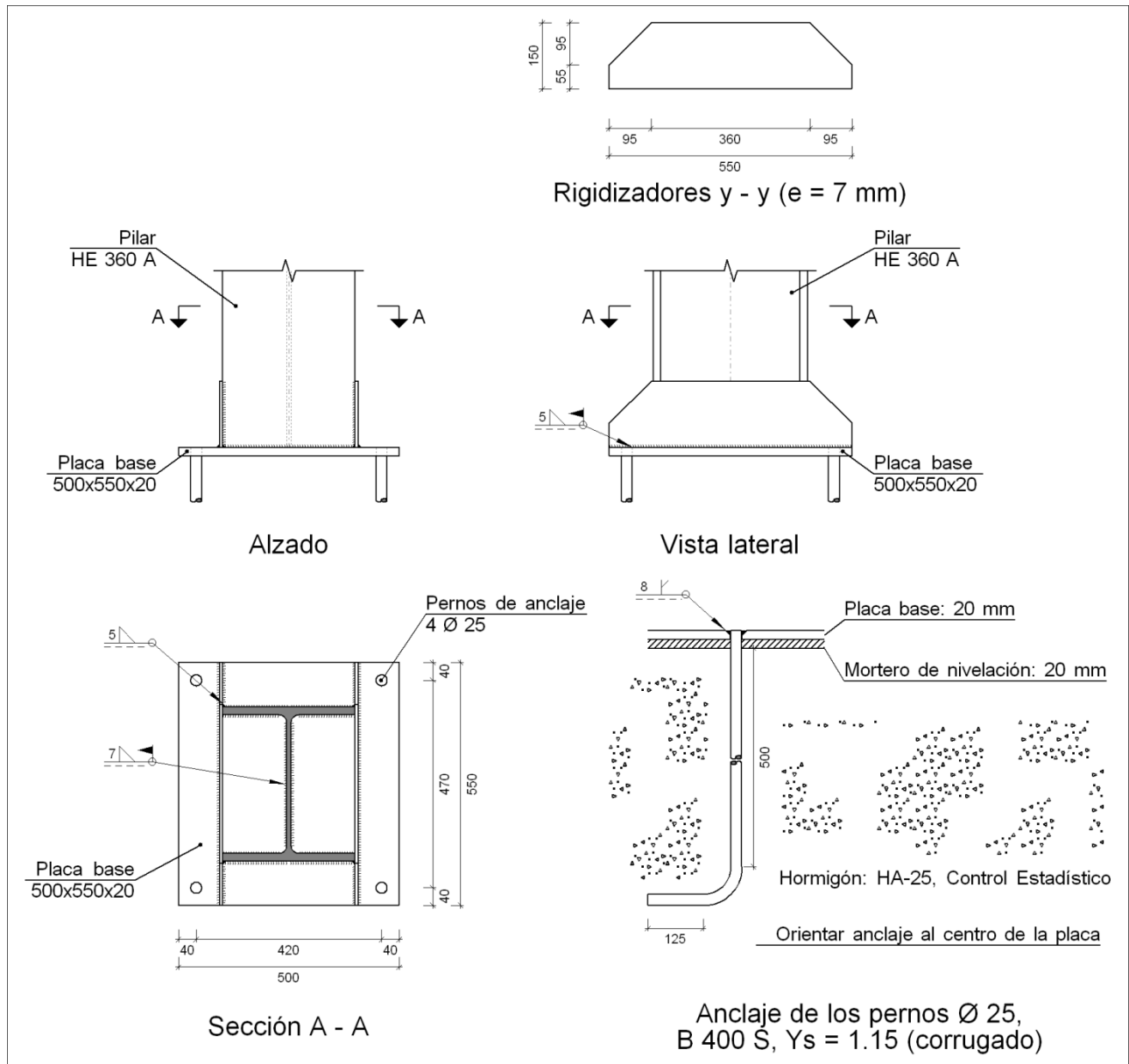
d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	7	1400
			8	696
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	23	1508
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	1140
			8	724
			13	2400

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	750x800x50	235.50
	Rigidizadores pasantes	2	750/350x200/0x18	31.09
	Rigidizadores no pasantes	2	207/7x200/0x11	3.70
	Total			270.28
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	12	$\varnothing 40 - L = 770 + 388$	137.14
	Total			137.14

NUDOS 3D-4D-5D.- TIPO 8

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f _y (kp/cm ²)	f _u (kp/cm ²)
Placa base		500	550	20	4	45	27	10	S275	2803.3	4383.3
Rigidizador		550	150	7	-	-	-	-	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar HE 360 A

Para cada cordón en ángulo de esta unión, se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

2) Placa de anclaje

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de perno en placa de anclaje(*)	8	0.0	0.0	1726.0	2989.5	72.47	0.0	0.00	4383.3	0.85

(*) Soldadura a tope (con penetración parcial) en bisel simple con talón de raíz amplio comprobada según el artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A.

Para el resto de cordones en ángulo se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

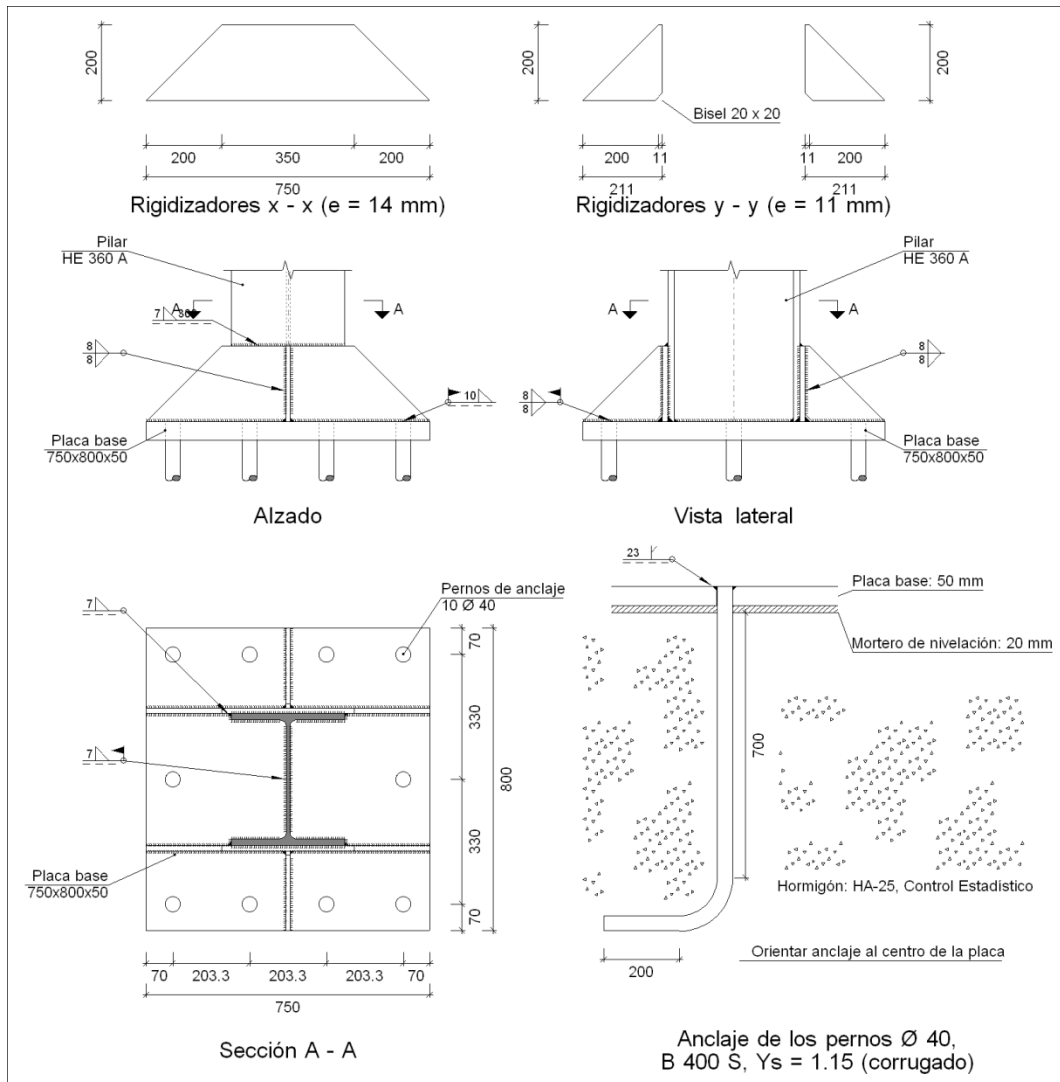
d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	5	600
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	8	314
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	1460
			7	1670

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	500x550x20	43.18
	Rigidizadores pasantes	2	550/360x150/55x7	8.07
				Total
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	4	$\varnothing 25 - L = 540 + 243$	12.07
				Total

NUDO 6D.- TIPO 9

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f _y (kp/cm ²)	f _u (kp/cm ²)
Placa base		750	800	50	10	90	42	25	S275	2803.3	4383.3
Rigidizador		750	200	14	-	-	-	-	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		211	200	11	-	-	-	-	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar HE 360 A

Para cada cordón en ángulo de esta unión, se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

2) Placa de anclaje

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de perno en placa de anclaje(*)	23	0.0	0.0	919.6	1592.8	38.61	0.0	0.00	4383.3	0.85

(*)Soldadura a tope (con penetración parcial) en bisel simple con talón de raíz amplio comprobada según el artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A.

Para el resto de cordones en ángulo se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

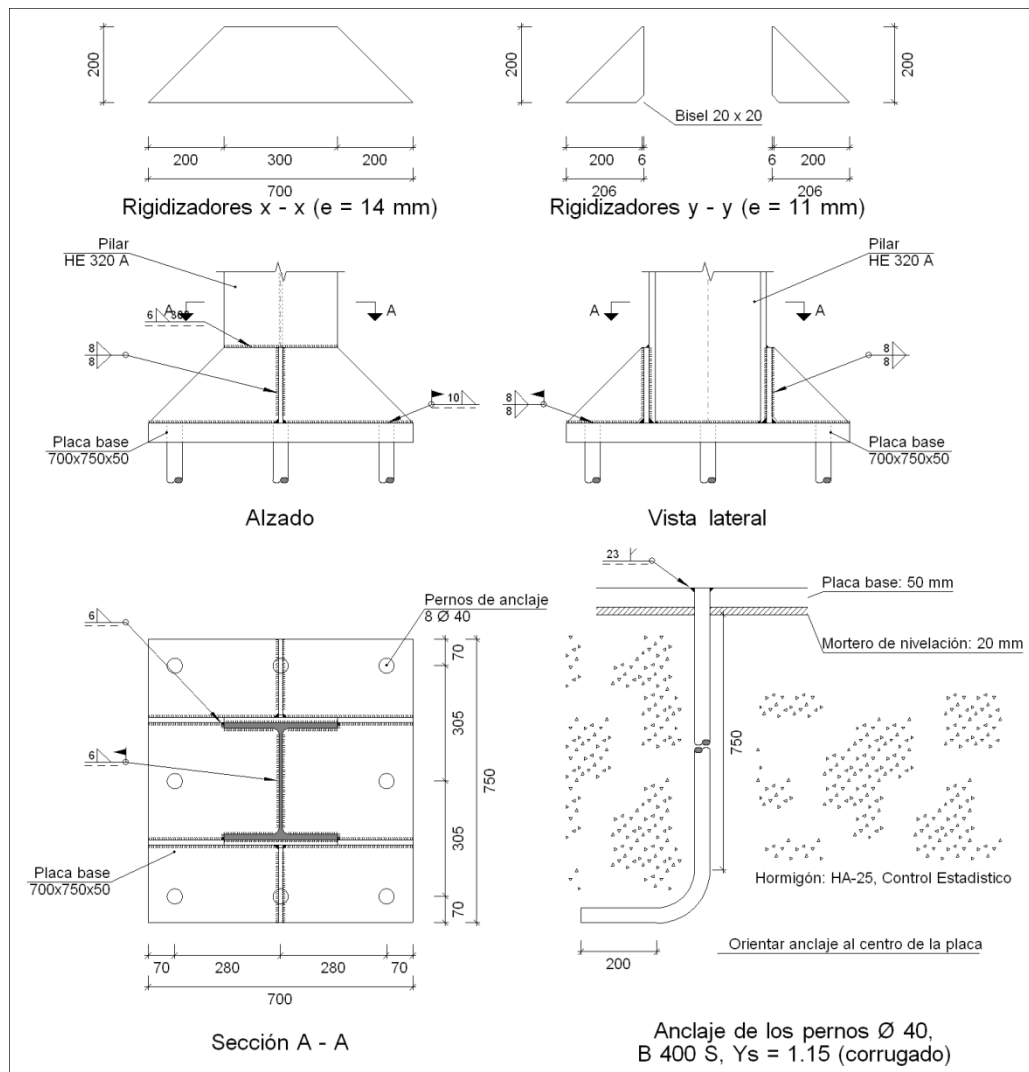
d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	7	1400
			8	720
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	23	1257
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	1140
			8	764
			10	2400

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	750x800x50	235.50
	Rigidizadores pasantes	2	750/350x200/0x14	24.18
	Rigidizadores no pasantes	2	211/11x200/0x11	3.83
	Total			263.51
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	10	$\varnothing 40 - L = 770 + 388$	114.28
	Total			114.28

NUDO 7D.- TIPO 10

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Tipo	Acero	
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)		f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Placa base		700	750	50	8	90	42	25	S275	2803.3	4383.3
Rigidizador		700	200	14	-	-	-	-	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Taladros				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		206	200	11	-	-	-	-	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar HE 320 A

Para cada cordón en ángulo de esta unión, se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

2) Placa de anclaje

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de perno en placa de anclaje(*)	23	0.0	0.0	985.2	1706.4	41.36	0.0	0.00	4383.3	0.85

(*)Soldadura a tope (con penetración parcial) en bisel simple con talón de raíz amplio comprobada según el artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A.

Para el resto de cordones en ángulo se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

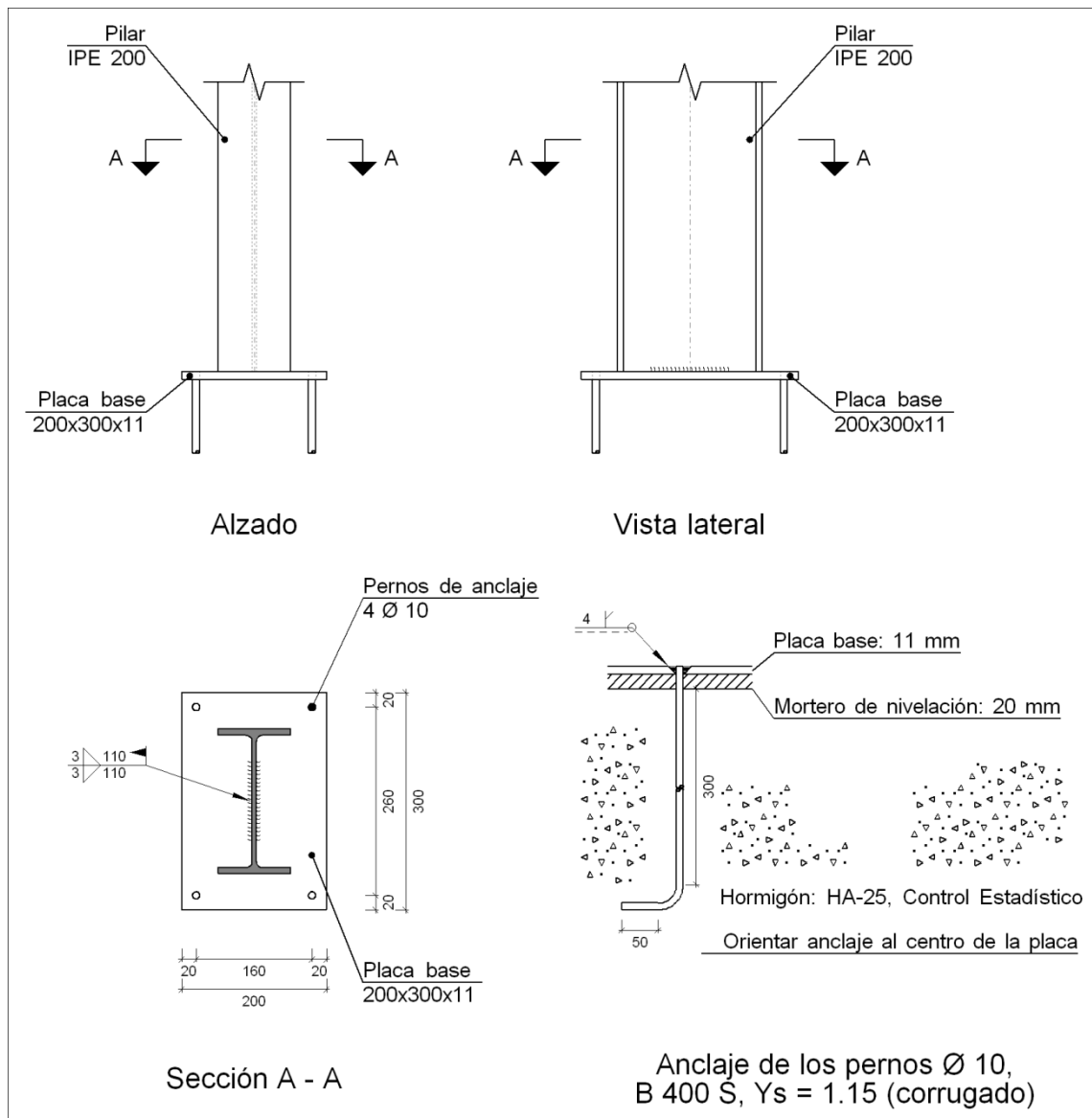
d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	6	1400
			8	720
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	23	1005
	En el lugar de montaje	En ángulo	6	1078
			8	744
			10	2200

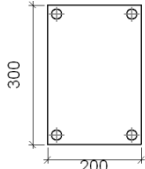
Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	700x750x50	206.06
	Rigidizadores pasantes	2	700/300x200/0x14	21.98
	Rigidizadores no pasantes	2	206/6x200/0x11	3.66
	Total			231.70
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	8	$\varnothing 40 - L = 820 + 388$	95.37
	Total			95.37

NUDOS 1E-7E.- TIPO 11

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios												
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero			
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)	
Placa base		200	300	11	4	22	12	6	S275	2803.3	4383.3	

c) Comprobación

1) Pilar IPE 200

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	3	531.3	533.1	117.2	1084.5	26.29	533.1	15.20	4383.3	0.85

2) Placa de anclaje

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de perno en placa de anclaje ^(*)	4	0.0	0.0	635.8	1101.3	26.70	0.0	0.00	4383.3	0.85

^(*)Soldadura a tope (con penetración parcial) en bisel simple con talón de raíz amplio comprobada según el artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A.

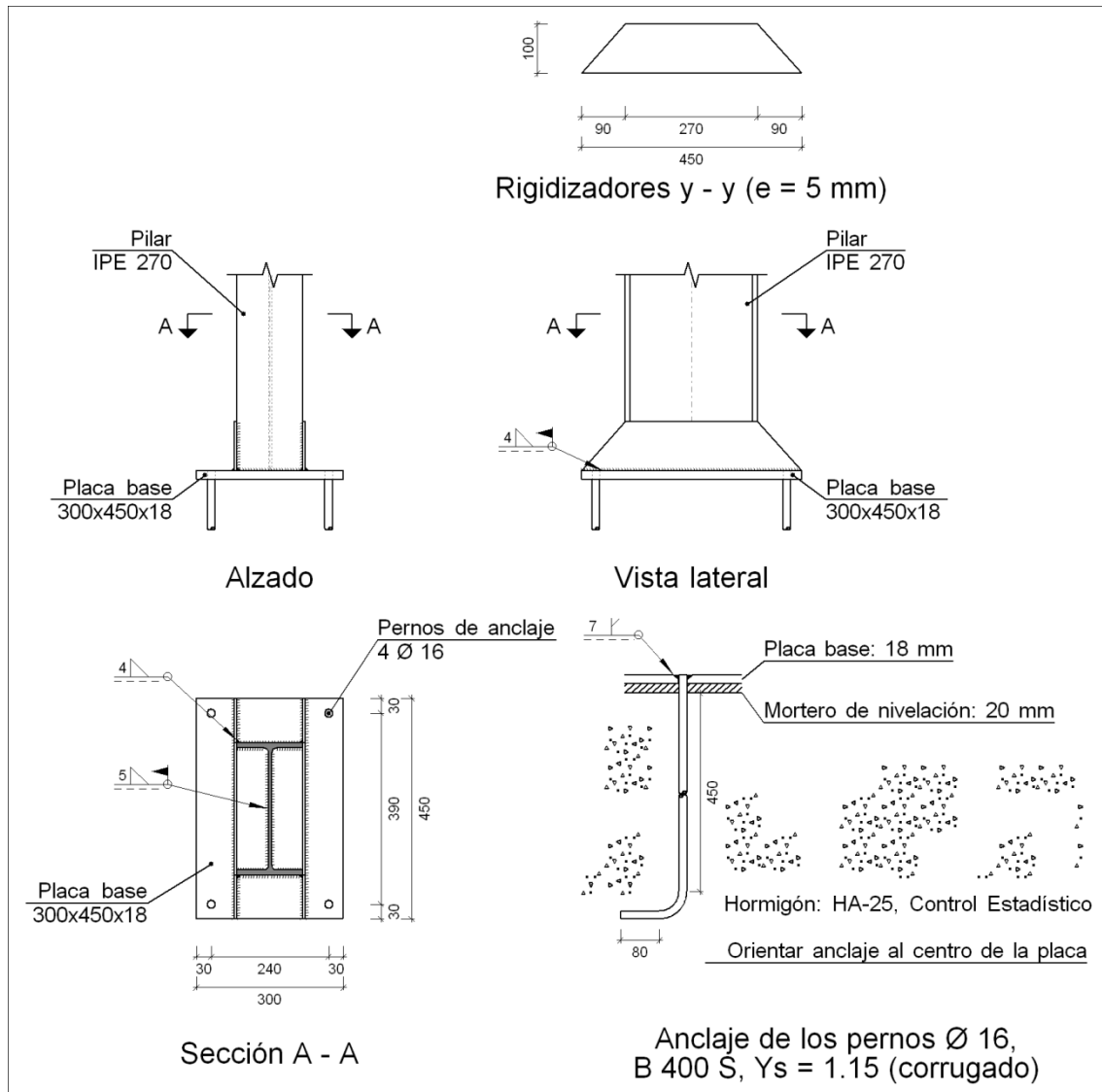
d) Medición

Soldaduras				
f _u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	4	126
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	220

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	200x300x11	5.18
				Total
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 10 - L = 331 + 97	1.06
				Total

NUDOS 1F-7F.- TIPO 12

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)	Tipo	f _y (kp/cm ²)	f _u (kp/cm ²)
Placa base		300	450	18	4	34	18	9	S275	2803.3	4383.3
Rigidizador		450	100	5	-	-	-	-	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar IPE 270

Para cada cordón en ángulo de esta unión, se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

2) Placa de anclaje

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de perno en placa de anclaje(*)	7	0.0	0.0	1769.6	3065.1	74.30	0.0	0.00	4383.3	0.85

(*)Soldadura a tope (con penetración parcial) en bisel simple con talón de raíz amplio comprobada según el artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A.

Para el resto de cordones en ángulo se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

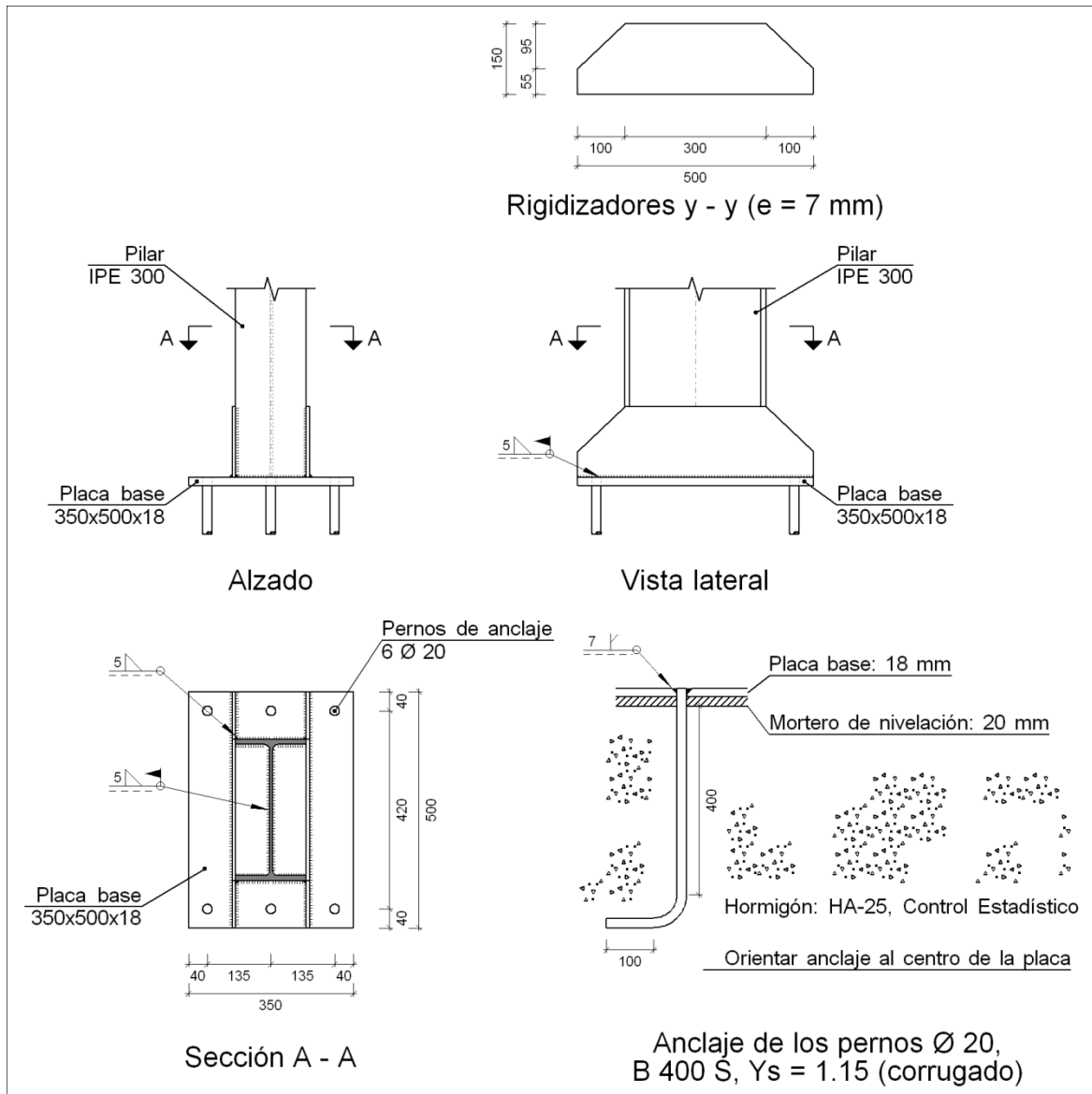
d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	4	400
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	7	201
	En el lugar de montaje	En ángulo	4	1232
			5	944

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	300x450x18	19.08
	Rigidizadores pasantes	2	450/270x100/0x5	2.83
				Total
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	4	$\varnothing 16 - L = 488 + 155$	4.06
				Total

NUDOS 2F-6F.- TIPO 13

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Bisel (mm)	Acero	
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Tipo		f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Placa base		350	500	18	6	38	22	9	S275	2803.3	4383.3
Rigidizador		500	150	7	-	-	-	-	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar IPE 300

Para cada cordón en ángulo de esta unión, se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

2) Placa de anclaje

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de perno en placa de anclaje(*)	7	0.0	0.0	1608.6	2786.1	67.53	0.0	0.00	4383.3	0.85

(*)Soldadura a tope (con penetración parcial) en bisel simple con talón de raíz amplio comprobada según el artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A.

Para el resto de cordones en ángulo se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

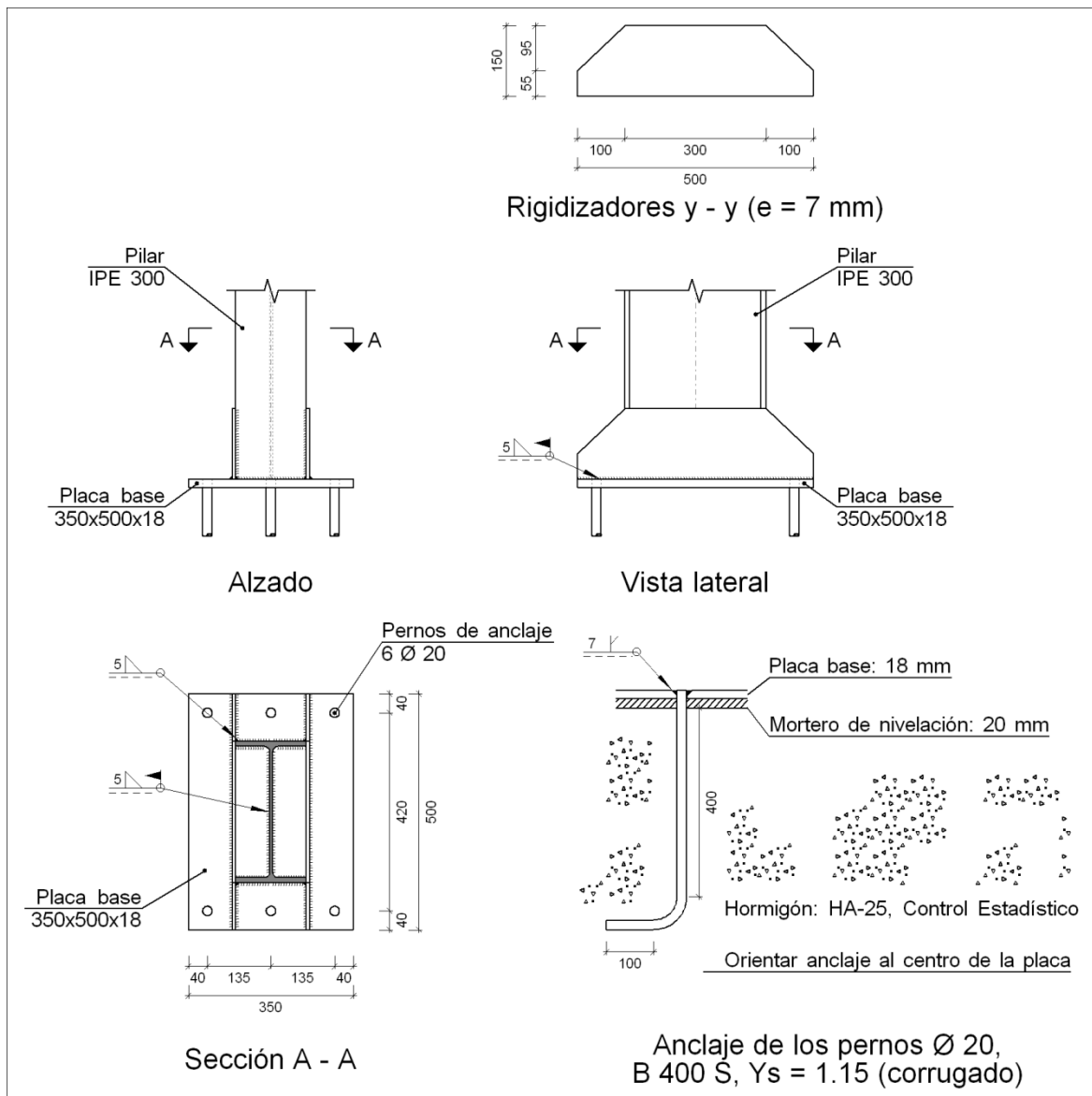
d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	5	600
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	7	377
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	2429

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	350x500x18	24.73
	Rigidizadores pasantes	2	500/300x150/55x7	7.20
				Total
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	6	$\varnothing 20 - L = 438 + 194$	9.36
				Total

NUDOS 3F-4F-5F.- TIPO 14

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Elementos complementarios											
Pieza	Geometría				Cantidad	Taladros			Tipo	Acero	
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Bisel (mm)		f _y (kp/cm ²)	f _u (kp/cm ²)
Placa base		350	500	18	6	38	22	9	S275	2803.3	4383.3
Rigidizador		500	150	7	-	-	-	-	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar IPE 300

Para cada cordón en ángulo de esta unión, se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

2) Placa de anclaje

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura de perno en placa de anclaje(*)	7	0.0	0.0	1597.7	2767.3	67.08	0.0	0.00	4383.3	0.85

(*)Soldadura a tope (con penetración parcial) en bisel simple con talón de raíz amplio comprobada según el artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A.

Para el resto de cordones en ángulo se adopta el espesor máximo de garganta de soldadura compatible con los espesores de las piezas a unir. De esta manera, y soldando por ambos lados, se logra que el conjunto tenga, al menos, la capacidad resistente de dichas piezas.

d) Medición

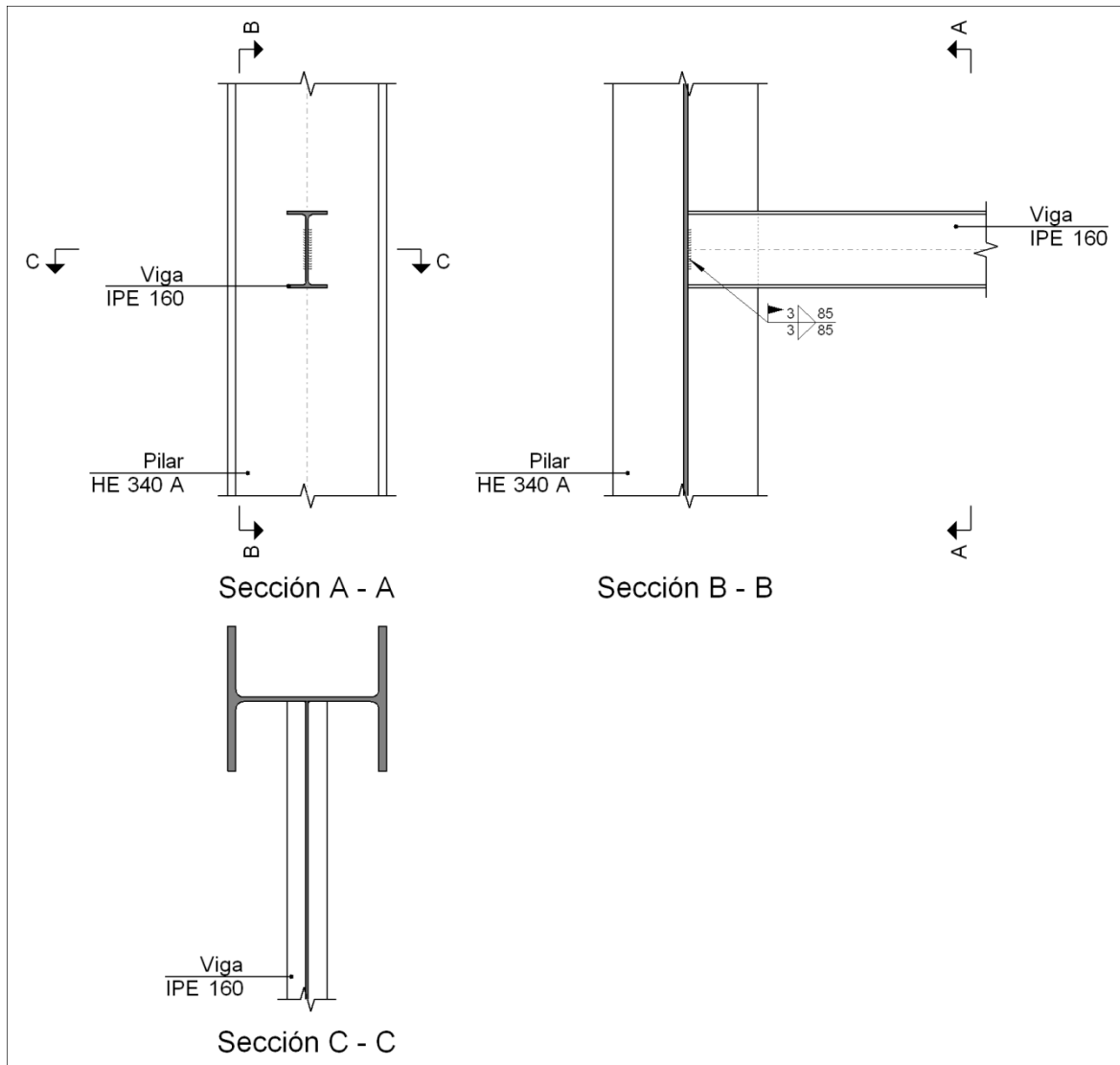
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	5	600
		A tope en bisel simple con talón de raíz amplio	7	377
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	2429

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	350x500x18	24.73
	Rigidizadores pasantes	2	500/300x150/55x7	7.20
				Total
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	6	Ø 20 - L = 438 + 194	9.36
				Total

3.2 NUDOS 1er MONTANTE:

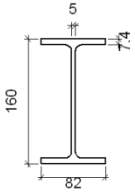
NUDOS 1A-1D.- TIPO15

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 340 A		330	300	16.5	9.5	S275	2803.3	4383.3

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	IPE 160		160	82	7.4	5	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar HE 340 A

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Punzonamiento	t	2.147	35.978	5.97
	Flexión por fuerza perpendicular	t	2.147	11.834	18.15

2) Viga IPE 160

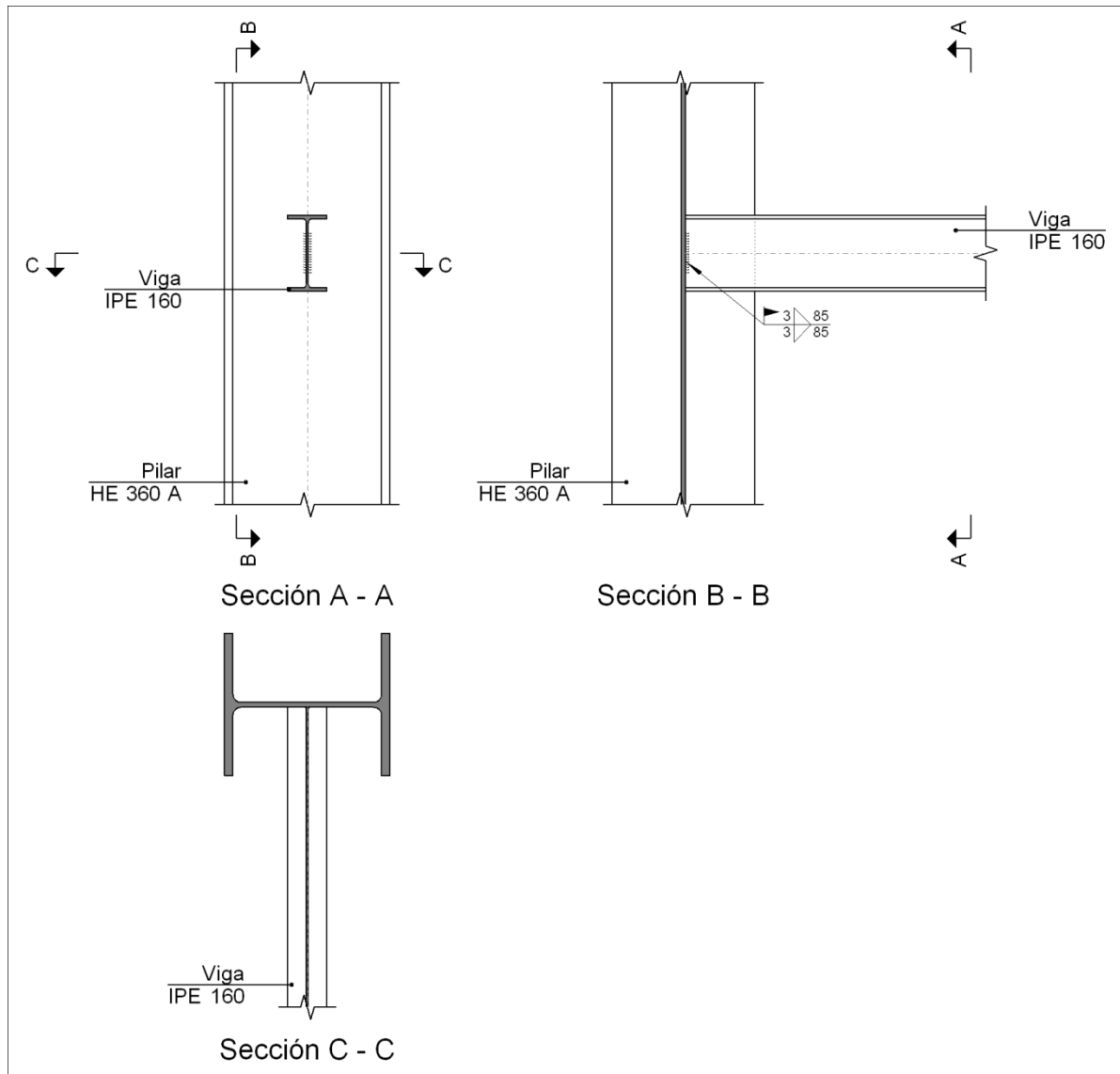
Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	3	297.7	297.7	10.4	595.7	14.44	297.7	8.49	4383.3	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En el lugar de montaje	En ángulo	3	170

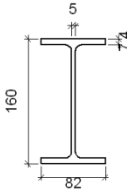
NUDOS 2A-6A-2D-6D.- TIPO 16

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 360 A		350	300	17.5	10	S275	2803.3	4383.3

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	IPE 160		160	82	7.4	5	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar HE 360 A

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Punzonamiento	t	2.277	37.872	6.01
	Flexión por fuerza perpendicular	t	2.277	13.002	17.51

2) Viga IPE 160

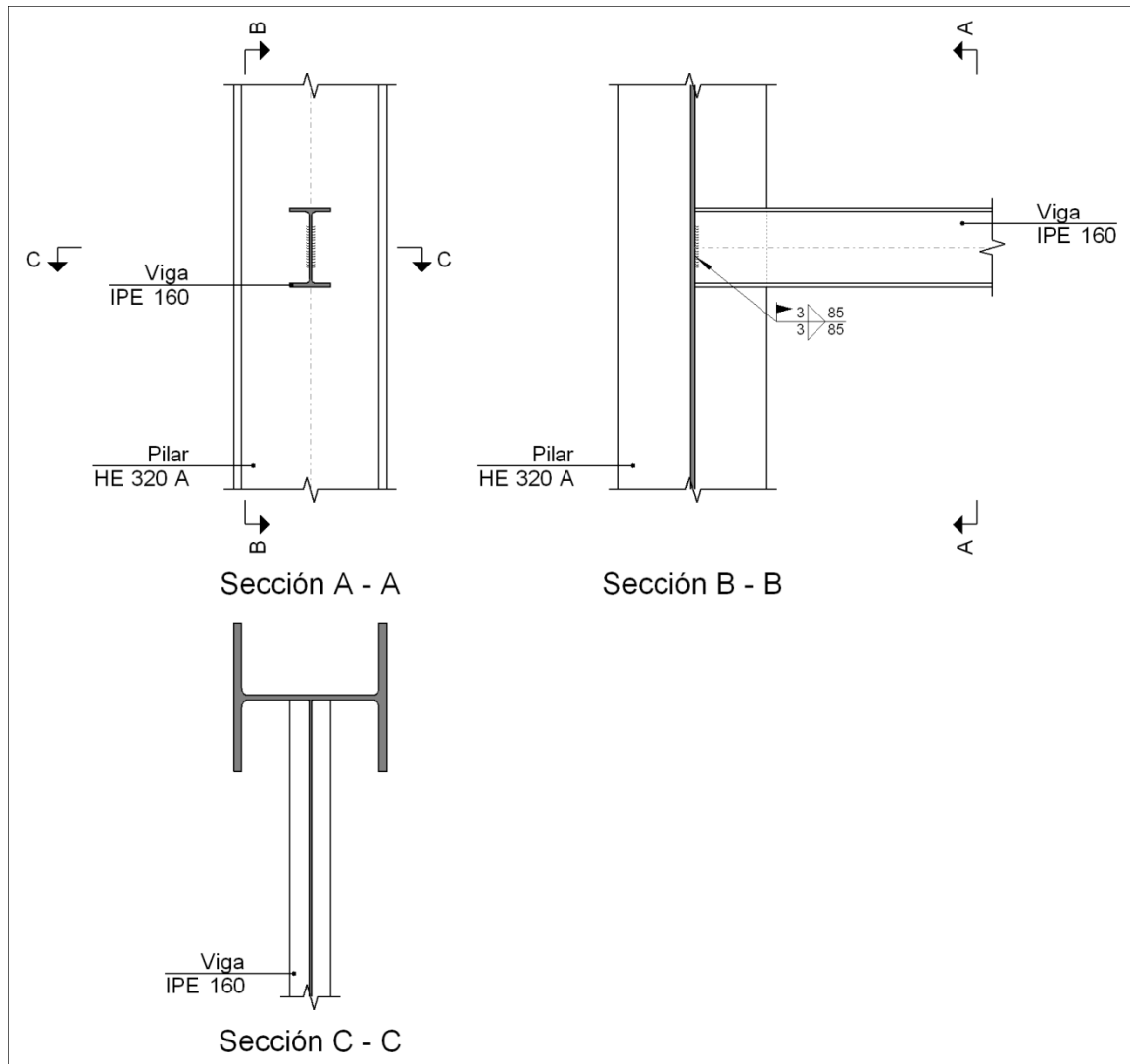
Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	3	271.6	359.8	343.3	903.1	21.89	359.8	10.26	4383.3	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En el lugar de montaje	En ángulo	3	170

NUDOS 7A-7D.- TIPO 17

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

		Perfiles							
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 320 A		310	300	15.5	9	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 160		160	82	7.4	5	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar HE 320 A

Comprobaciones de resistencia

Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Punzonamiento	t	0.947	34.084	2.78
	Flexión por fuerza perpendicular	t	0.947	10.722	8.83

2) Viga IPE 160

Soldaduras en ángulo

Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w	
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)			Aprov. (%)
Soldadura del alma	3	131.2	131.2	10.4	263.1	6.38	131.2	3.74	4383.3	0.85

d) Medición

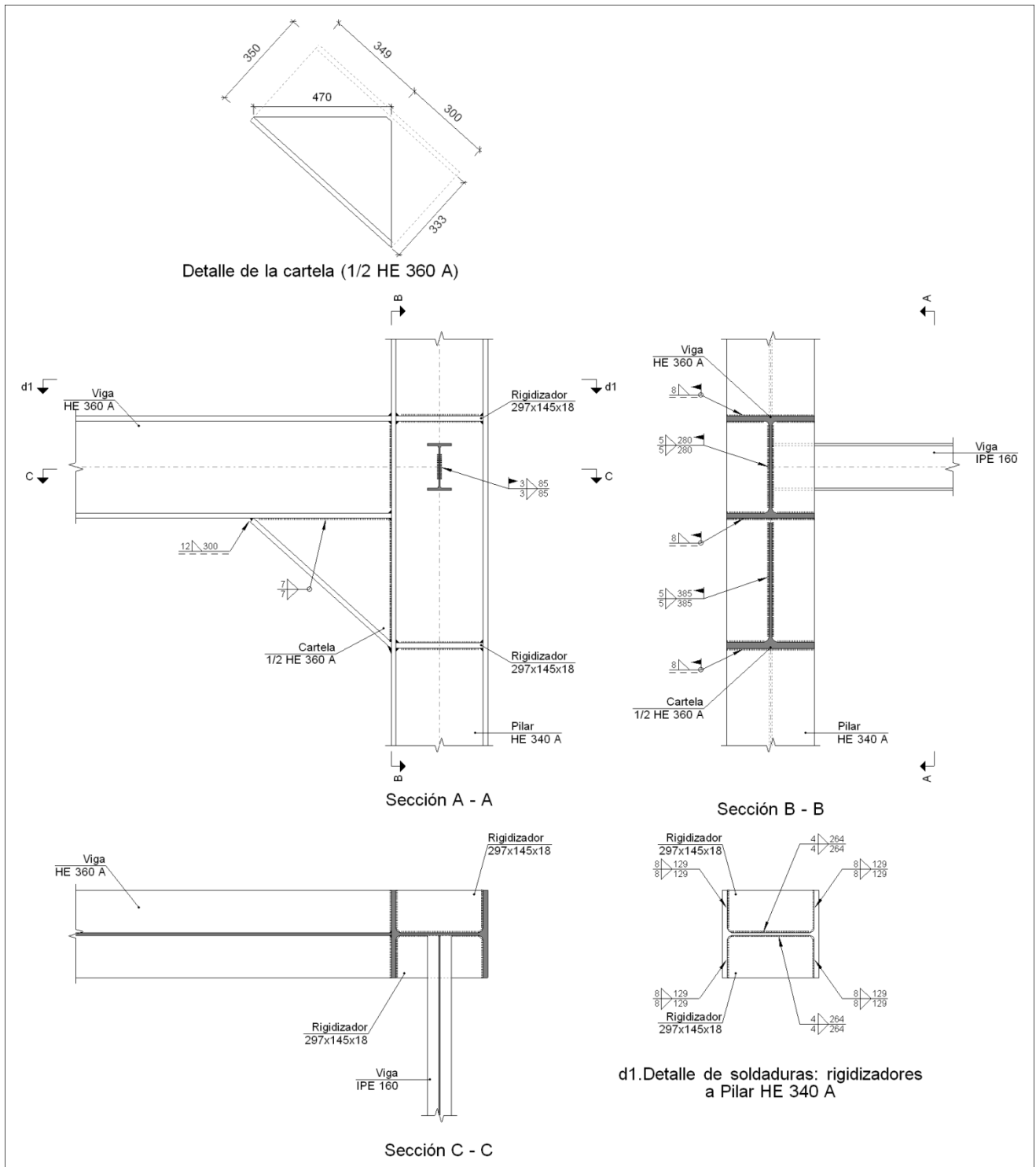
Soldaduras

f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En el lugar de montaje	En ángulo	3	170

3.3 NUDOS 2º MONTANTE Y MÉNSULA:

NUDO 1A.- TIPO 18

a) Detalle

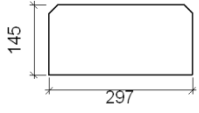


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles		
Pieza	Descripción	Geometría
		Acero

		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 340 A		330	300	16.5	9.5	S275	2803.3	4383.3
Viga	HE 360 A		350	300	17.5	10	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 160		160	82	7.4	5	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios

Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		297	145	18	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar HE 340 A

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	-	31.26	64.71	48.31	
	Cortante	t	8.406	104.835	8.02	
Alma	Punzonamiento	t	1.622	35.978	4.51	
	Flexión por fuerza perpendicular	t	1.622	11.834	13.71	

Soldaduras en ángulo

Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	8	52.0	52.0	0.0	103.9	2.52	52.0	1.48	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	4	0.0	0.0	71.5	123.9	3.00	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	8	61.7	61.7	0.0	123.3	2.99	61.7	1.76	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	4	0.0	0.0	84.9	147.0	3.56	0.0	0.00	4383.3	0.85

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	8	52.0	52.0	0.0	103.9	2.52	52.0	1.48	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	4	0.0	0.0	71.5	123.9	3.00	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	8	61.7	61.7	0.0	123.3	2.99	61.7	1.76	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	4	0.0	0.0	84.9	147.0	3.56	0.0	0.00	4383.3	0.85

2) Viga HE 360 A

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	8	46.5	46.5	0.2	93.0	2.25	46.5	1.33	4383.3	0.85
Soldadura del alma	5	41.7	41.7	89.2	175.6	4.26	41.7	1.19	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	8	0.0	0.0	0.1	0.2	0.00	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela	5	46.4	46.4	89.2	180.2	4.37	46.4	1.32	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela	8	30.3	68.1	0.0	121.8	2.95	63.1	1.80	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	7	0.0	0.0	62.1	107.6	2.61	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	12	Para este cordón en ángulo, se adopta el espesor de garganta máximo compatible con los espesores de las piezas a unir.								

3) Viga IPE 160

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	3	224.9	224.9	10.4	450.2	10.91	224.9	6.41	4383.3	0.85

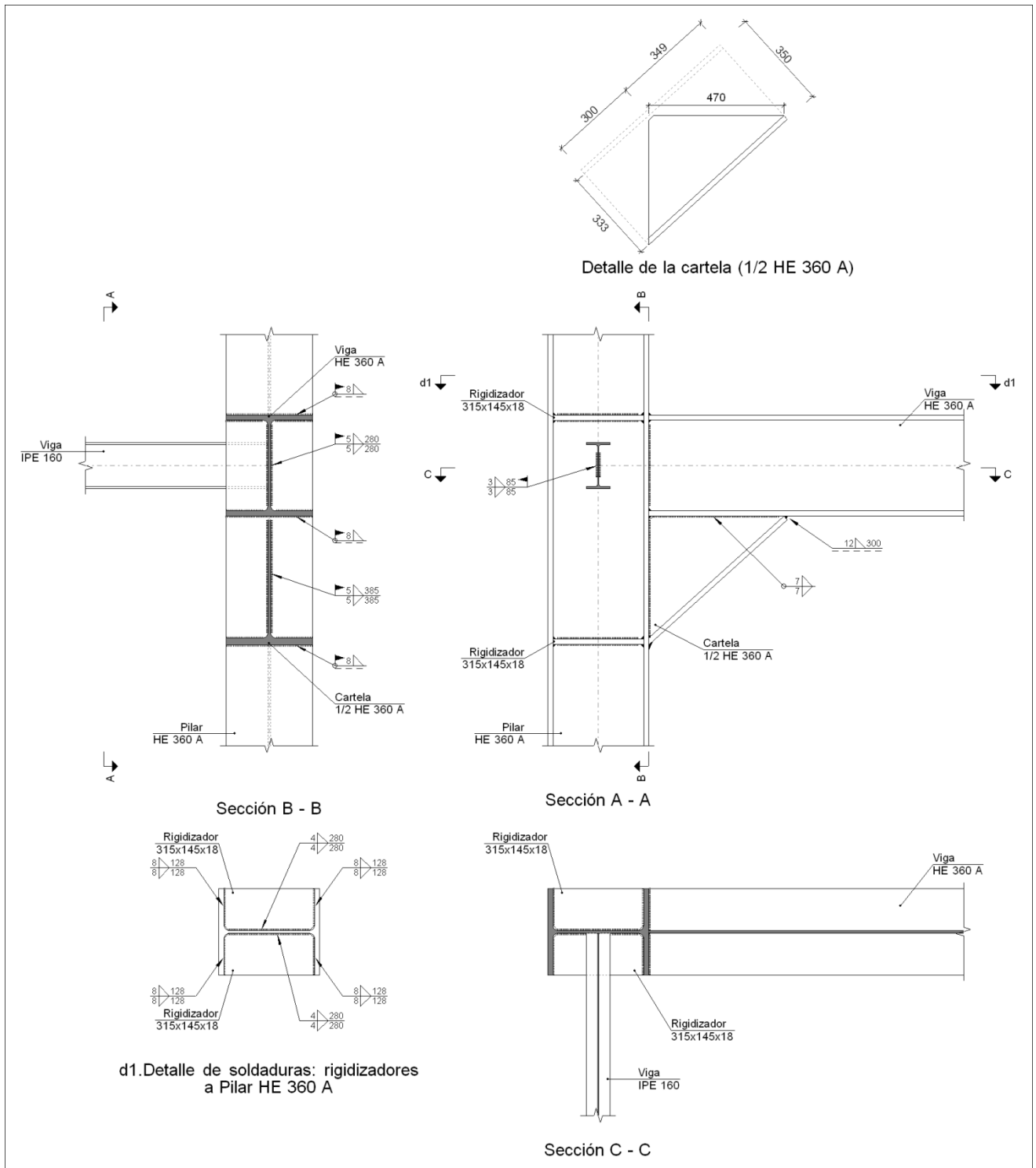
d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	4	2112
			7	908
			8	2056
			12	300
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	170
			5	1330
			8	1665

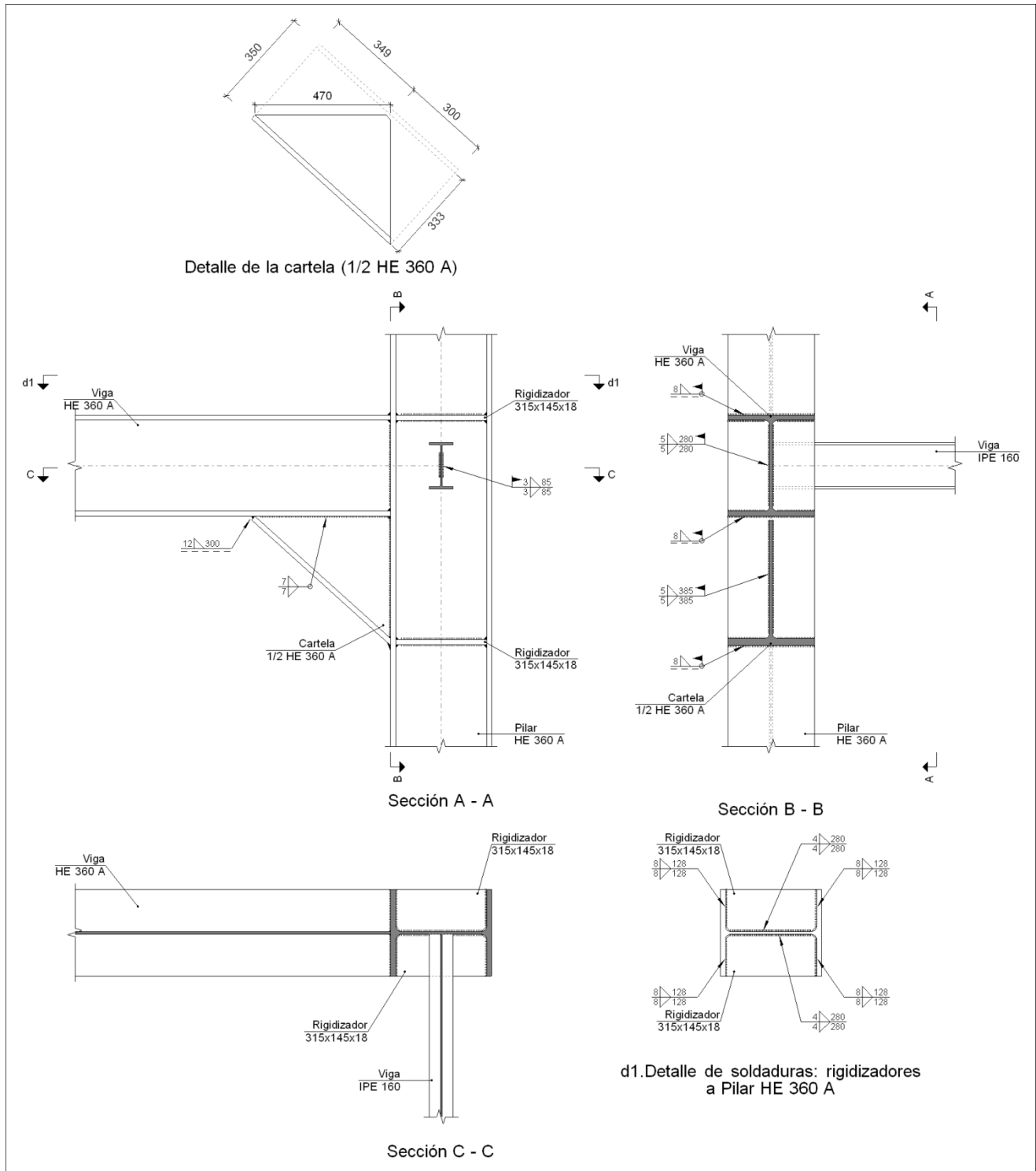
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	297x145x18	24.34
				Total

NUDOS 2A-6A-2D-6D.- TIPO 19

a.1) Detalle 2-17

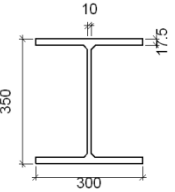
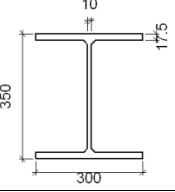
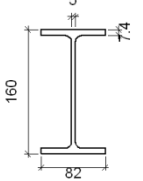


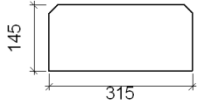
a.2) Detalle 6-13



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 360 A		350	300	17.5	10	S275	2803.3	4383.3
Viga	HE 360 A		350	300	17.5	10	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 160		160	82	7.4	5	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		315	145	18	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar HE 360 A

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	-	31.50	64.71	48.68
	Cortante	t	10.167	110.352	9.21
Alma	Punzonamiento	t	1.622	37.872	4.28
	Flexión por fuerza perpendicular	t	1.622	13.002	12.48

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	8	66.7	66.7	0.0	133.4	3.23	66.7	1.90	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	4	0.0	0.0	85.9	148.8	3.61	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	8	62.4	62.4	0.0	124.8	3.03	62.4	1.78	4383.3	0.85

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	4	0.0	0.0	80.4	139.2	3.38	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	8	66.7	66.7	0.0	133.4	3.23	66.7	1.90	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	4	0.0	0.0	85.9	148.8	3.61	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	8	62.4	62.4	0.0	124.8	3.03	62.4	1.78	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	4	0.0	0.0	80.4	139.2	3.38	0.0	0.00	4383.3	0.85

2) Viga HE 360 A

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	8	56.9	56.9	0.0	113.7	2.76	56.9	1.62	4383.3	0.85
Soldadura del alma	5	51.6	51.6	90.4	187.5	4.55	51.6	1.47	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	8	0.0	0.0	0.1	0.2	0.00	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela	5	46.9	46.9	90.3	182.4	4.42	46.9	1.34	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela	8	30.6	68.9	0.0	123.2	2.99	63.8	1.82	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	7	0.0	0.0	66.0	114.3	2.77	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	12	Para este cordón en ángulo, se adopta el espesor de garganta máximo compatible con los espesores de las piezas a unir.								

3) Viga IPE 160

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	3	224.9	224.9	10.4	450.2	10.91	224.9	6.41	4383.3	0.85

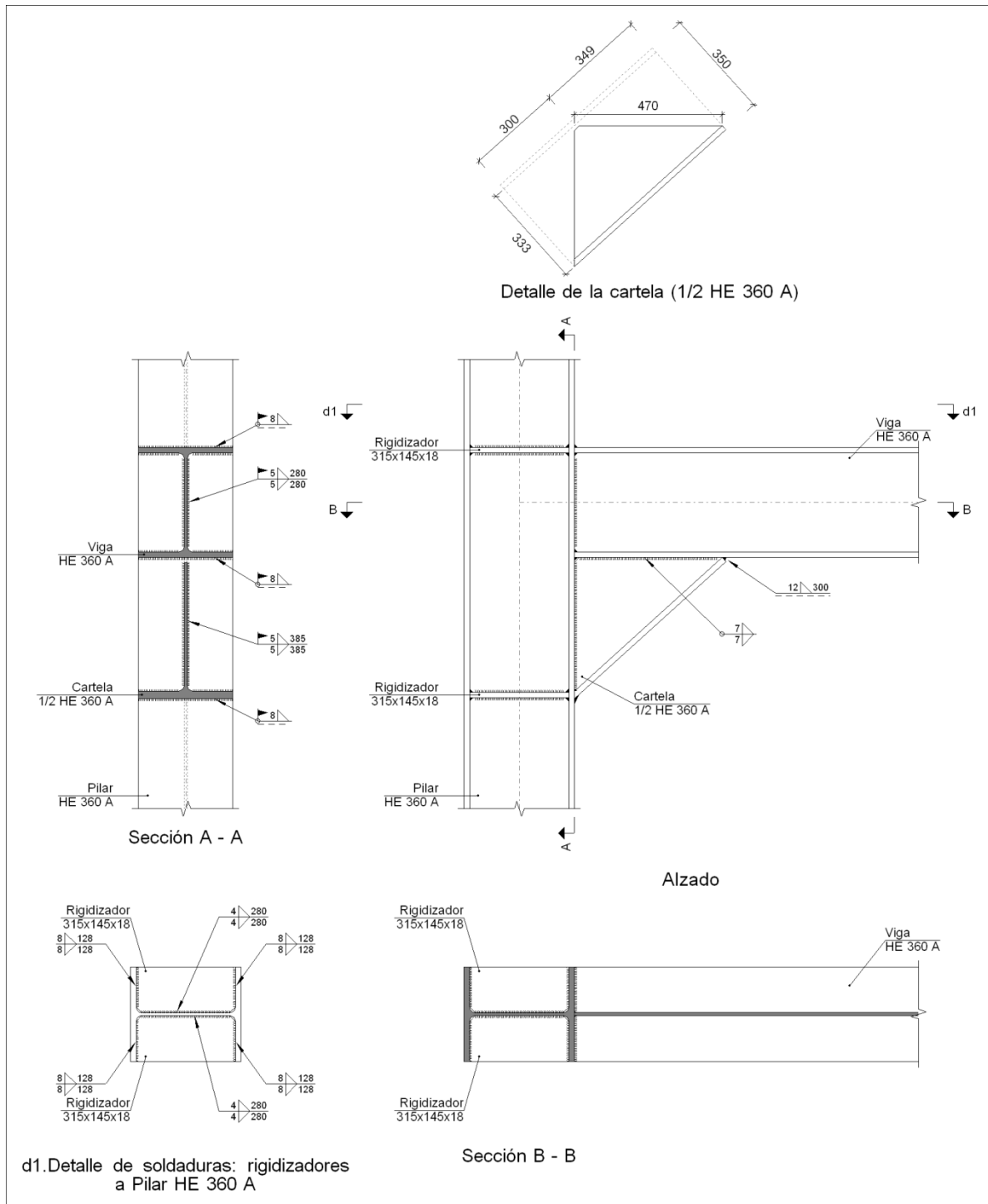
d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	4	2240
			7	908
			8	2040
			12	300
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	170
			5	1330
			8	1665

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	315x145x18	25.82
				Total

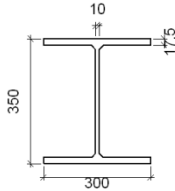
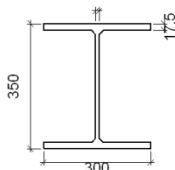
NUDOS 3A-4A-5A-3D-4D-5D.- TIPO 20

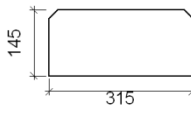
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

		Perfiles							
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 360 A		350	300	17.5	10	S275	2803.3	4383.3
Viga	HE 360 A		350	300	17.5	10	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		315	145	18	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar HE 360 A

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	-	31.50	64.71	48.68
	Cortante	t	10.167	110.352	9.21

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	8	66.7	66.7	0.0	133.4	3.23	66.7	1.90	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	4	0.0	0.0	85.9	148.8	3.61	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	8	62.4	62.4	0.0	124.8	3.03	62.4	1.78	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	4	0.0	0.0	80.4	139.2	3.38	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	8	66.7	66.7	0.0	133.4	3.23	66.7	1.90	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	4	0.0	0.0	85.9	148.8	3.61	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	8	62.4	62.4	0.0	124.8	3.03	62.4	1.78	4383.3	0.85

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	4	0.0	0.0	80.4	139.2	3.38	0.0	0.00	4383.3	0.85

2) Viga HE 360 A

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	8	56.9	56.9	0.0	113.7	2.76	56.9	1.62	4383.3	0.85
Soldadura del alma	5	51.6	51.6	90.4	187.5	4.55	51.6	1.47	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	8	0.0	0.0	0.1	0.2	0.00	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela	5	46.9	46.9	90.3	182.4	4.42	46.9	1.34	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela	8	30.6	68.9	0.0	123.2	2.99	63.8	1.82	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	7	0.0	0.0	66.0	114.3	2.77	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	12	Para este cordón en ángulo, se adopta el espesor de garganta máximo compatible con los espesores de las piezas a unir.								

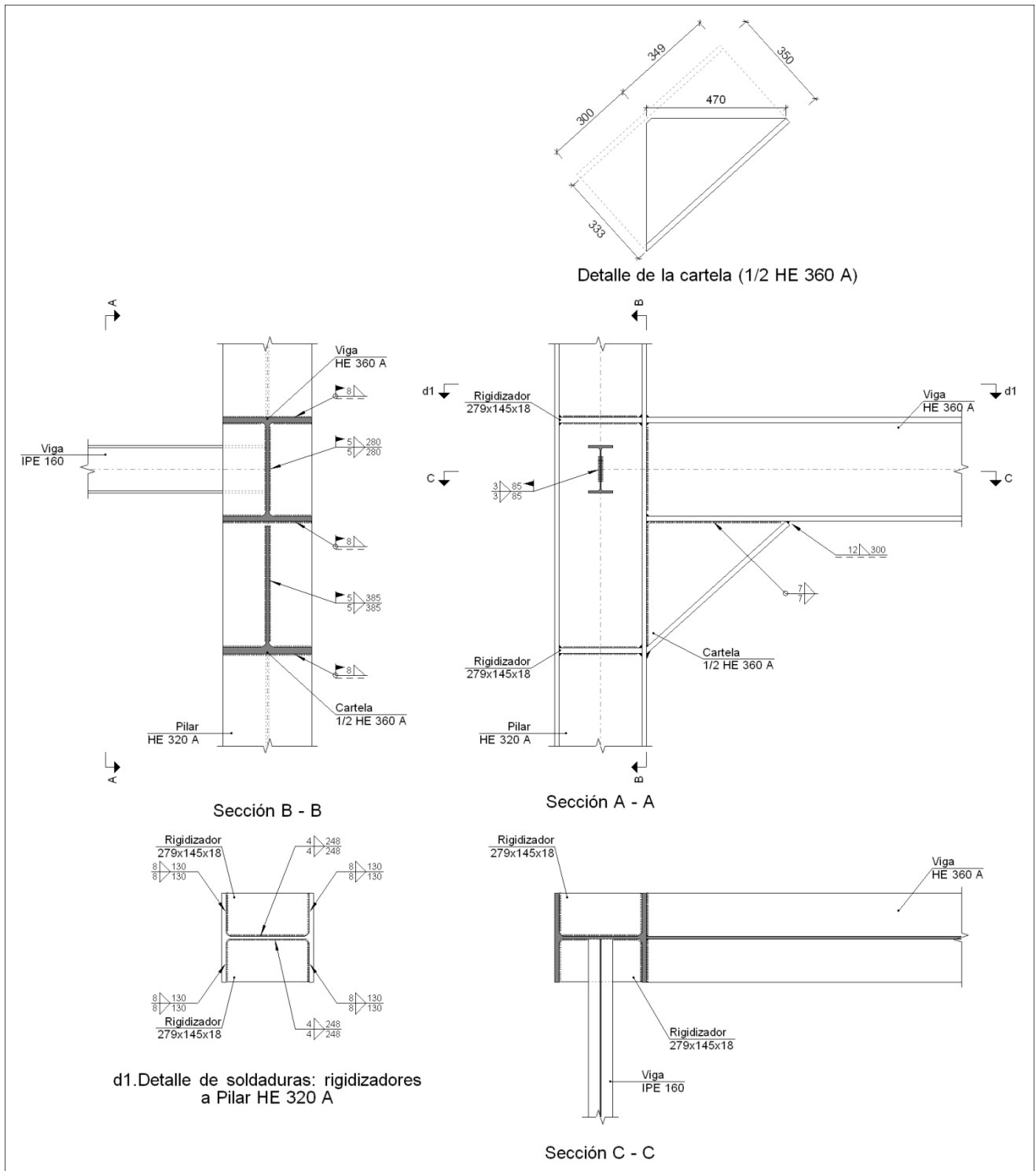
d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	4	2240
			7	908
			8	2040
			12	300
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	1330
			8	1665

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	315x145x18	25.82
				Total

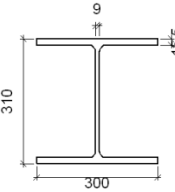
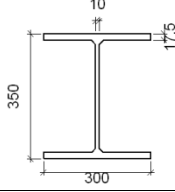
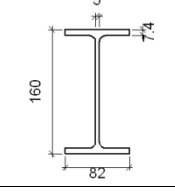
NUDO 7A-7D.- TIPO 21

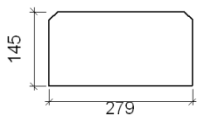
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 320 A		310	300	15.5	9	S275	2803.3	4383.3
Viga	HE 360 A		350	300	17.5	10	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 160		160	82	7.4	5	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		279	145	18	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar HE 320 A

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbitez	-	31.00	64.71	47.91	
	Cortante	t	8.949	99.317	9.01	
Rigidizadores	Ala	kp/cm ²	260.022	2669.773	9.74	
	Cortante	kp/cm ²	222.562	2669.773	8.34	
Viga IPE 160	Alma	t	1.649	34.084	4.84	
	Flexión por fuerza perpendicular	t	1.649	10.722	15.38	

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	8	21.5	21.5	39.9	81.3	1.97	26.3	0.75	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	4	0.0	0.0	38.9	67.4	1.63	0.0	0.00	4383.3	0.85

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	8	102.6	102.6	27.6	210.8	5.11	102.6	2.93	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	4	0.0	0.0	153.1	265.2	6.43	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	8	82.4	82.4	39.9	178.6	4.33	82.4	2.35	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	4	0.0	0.0	123.2	213.4	5.17	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	8	20.6	20.6	27.6	63.1	1.53	26.7	0.76	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	4	0.0	0.0	39.5	68.4	1.66	0.0	0.00	4383.3	0.85

2) Viga HE 360 A

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	8	109.0	109.0	11.5	218.9	5.31	109.0	3.11	4383.3	0.85
Soldadura del alma	5	41.7	41.7	89.2	175.6	4.26	41.7	1.19	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	8	0.0	0.0	6.2	10.7	0.26	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela	5	46.4	46.4	89.2	180.2	4.37	46.4	1.32	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela	8	66.1	148.8	0.8	266.1	6.45	143.8	4.10	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	7	6.1	6.1	62.1	108.3	2.63	6.1	0.17	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	12	Para este cordón en ángulo, se adopta el espesor de garganta máximo compatible con los espesores de las piezas a unir.								

3) Viga IPE 160

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	3	228.7	228.7	10.4	457.7	11.09	228.7	6.52	4383.3	0.85

d) Medición

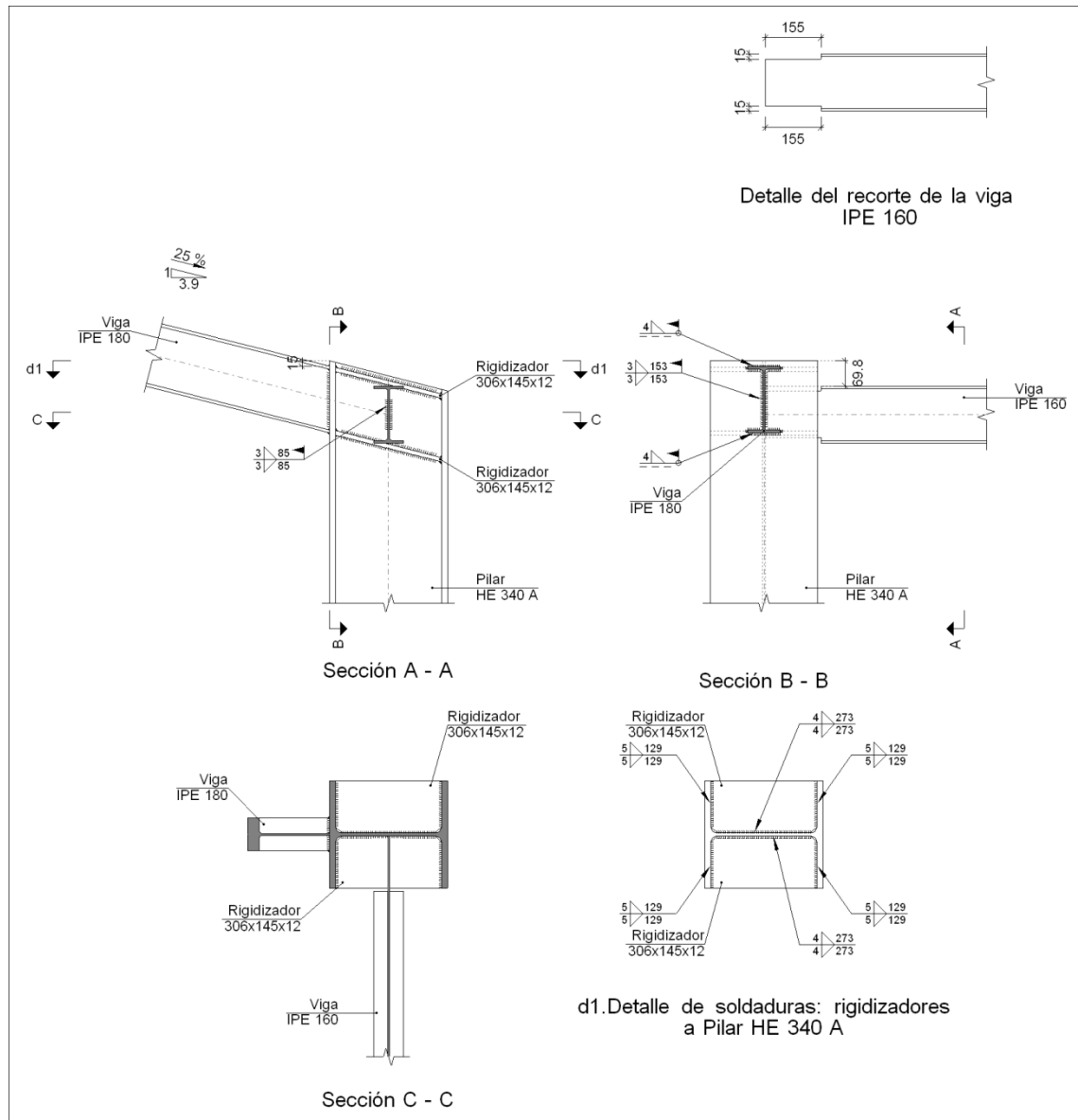
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	4	1984
			7	908
			8	2072
			12	300
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	170
			5	1330
			8	1665

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	279x145x18	22.87
				Total

3.4 NUDOS PILAR-DINTEL:

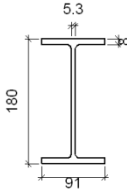
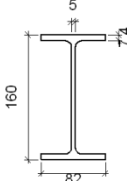
NUDO 1A.- TIPO 22

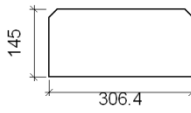
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

		Perfiles								
Pieza	Descripción	Geometría					Acero			
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)	
Pilar	HE 340 A		330	300	16.5	9.5	S275	2803.3	4383.3	

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	IPE 180		180	91	8	5.3	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 160		160	82	7.4	5	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		306.4	145	12	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar HE 340 A

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	-	31.26	64.71	48.31	
	Cortante	t	12.880	43.490	29.62	
Rigidizadores	Ala	kp/cm ²	138.379	2669.773	5.18	
	Cortante	kp/cm ²	233.403	2669.773	8.74	
Viga IPE 160	Alma	t	4.497	35.978	12.50	
	Flexión por fuerza perpendicular	t	4.497	6.727	66.85	

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	5	617.4	793.8	0.8	1507.1	36.53	617.4	17.61	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	4	0.0	0.0	193.3	334.7	8.11	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	5	688.1	884.8	0.1	1679.9	40.72	688.1	19.62	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	4	0.0	0.0	215.4	373.2	9.05	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	5	627.9	807.3	0.8	1532.9	37.16	627.9	17.91	4383.3	0.85

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	4	0.0	0.0	196.6	340.5	8.25	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	5	677.6	871.2	0.1	1654.1	40.10	677.6	19.32	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	4	0.0	0.0	212.1	367.4	8.91	0.0	0.00	4383.3	0.85

2) Viga IPE 180

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	4	1452.2	1129.4	3.5	2436.3	59.06	1452.2	41.41	4383.3	0.85
Soldadura del alma	3	1106.6	1106.6	268.7	2261.6	54.82	1106.6	31.56	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	4	1198.9	1541.5	1.3	2926.8	70.94	1350.4	38.51	4383.3	0.85

3) Viga IPE 160

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Pandeo local	kp/cm ²	60.035	360.367	16.66

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	3	623.5	623.5	6.2	1247.0	30.23	623.5	17.78	4383.3	0.85

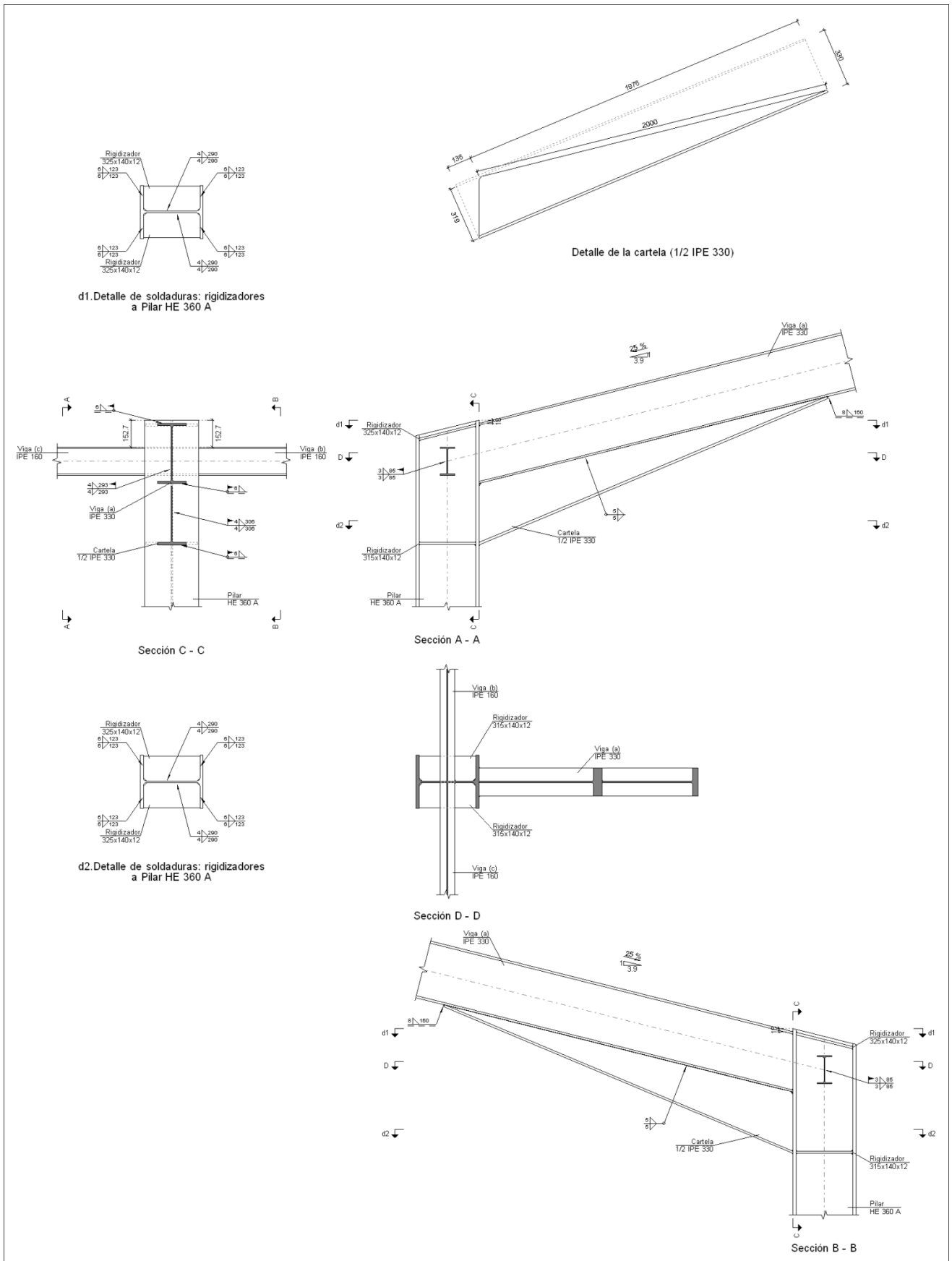
d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	4	2187
			5	2056
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	475
			4	354

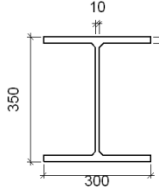
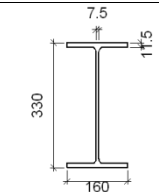
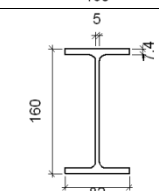
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	306x145x12	16.74
				Total

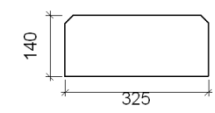
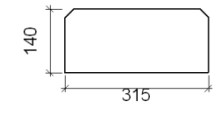
NUDOS 2A-3A-4A-5A-6A.- TIPO 23

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 360 A		350	300	17.5	10	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 330		330	160	11.5	7.5	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 160		160	82	7.4	5	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		325	140	12	S275	2803.3	4383.3
Rigidizador		315	140	12	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar HE 360 A

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltéz	-	31.50	64.71	48.68	
	Cortante	t	85.779	89.070	96.31	
Rigidizadores	Ala	kp/cm ²	1179.174	2669.773	44.17	
Viga (b) IPE 160	Alma	t	6.680	37.872	17.64	
	Flexión por fuerza perpendicular	t	6.680	7.346	90.94	
Viga (c) IPE 160	Alma	t	6.711	37.872	17.72	
	Flexión por fuerza perpendicular	t	6.711	7.346	91.36	

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	6	1211.0	1557.1	0.0	2956.4	71.66	1211.0	34.54	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	4	0.0	0.0	789.5	1367.5	33.15	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	6	1659.3	1659.3	0.0	3318.7	80.44	1659.3	47.32	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	4	0.0	0.0	942.9	1633.1	39.59	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	6	1211.1	1557.2	0.0	2956.5	71.67	1211.1	34.54	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	4	0.0	0.0	789.6	1367.6	33.15	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	6	1659.3	1659.3	0.0	3318.5	80.44	1659.3	47.32	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	4	0.0	0.0	942.8	1633.0	39.58	0.0	0.00	4383.3	0.85

2) Viga (a) IPE 330

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	6	1117.0	1436.2	7.2	2727.0	66.10	1518.8	43.31	4383.3	0.85
Soldadura del alma	4	1249.7	1249.7	270.9	2543.1	61.64	1249.7	35.64	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	6	0.0	0.0	4.4	7.6	0.18	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela	4	1392.7	1392.7	270.9	2824.7	68.47	1392.7	39.72	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela	6	1176.5	1780.2	0.9	3300.3	80.00	1689.8	48.19	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	5	0.0	0.0	173.8	301.1	7.30	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	8	Para este cordón en ángulo, se adopta el espesor de garganta máximo compatible con los espesores de las piezas a unir.								

3) Viga (c) IPE 160

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	3	930.5	930.5	10.4	1861.1	45.11	930.5	26.54	4383.3	0.85

4) Viga (b) IPE 160

Soldaduras en ángulo										
----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	3	926.2	926.2	10.4	1852.5	44.90	926.2	26.41	4383.3	0.85

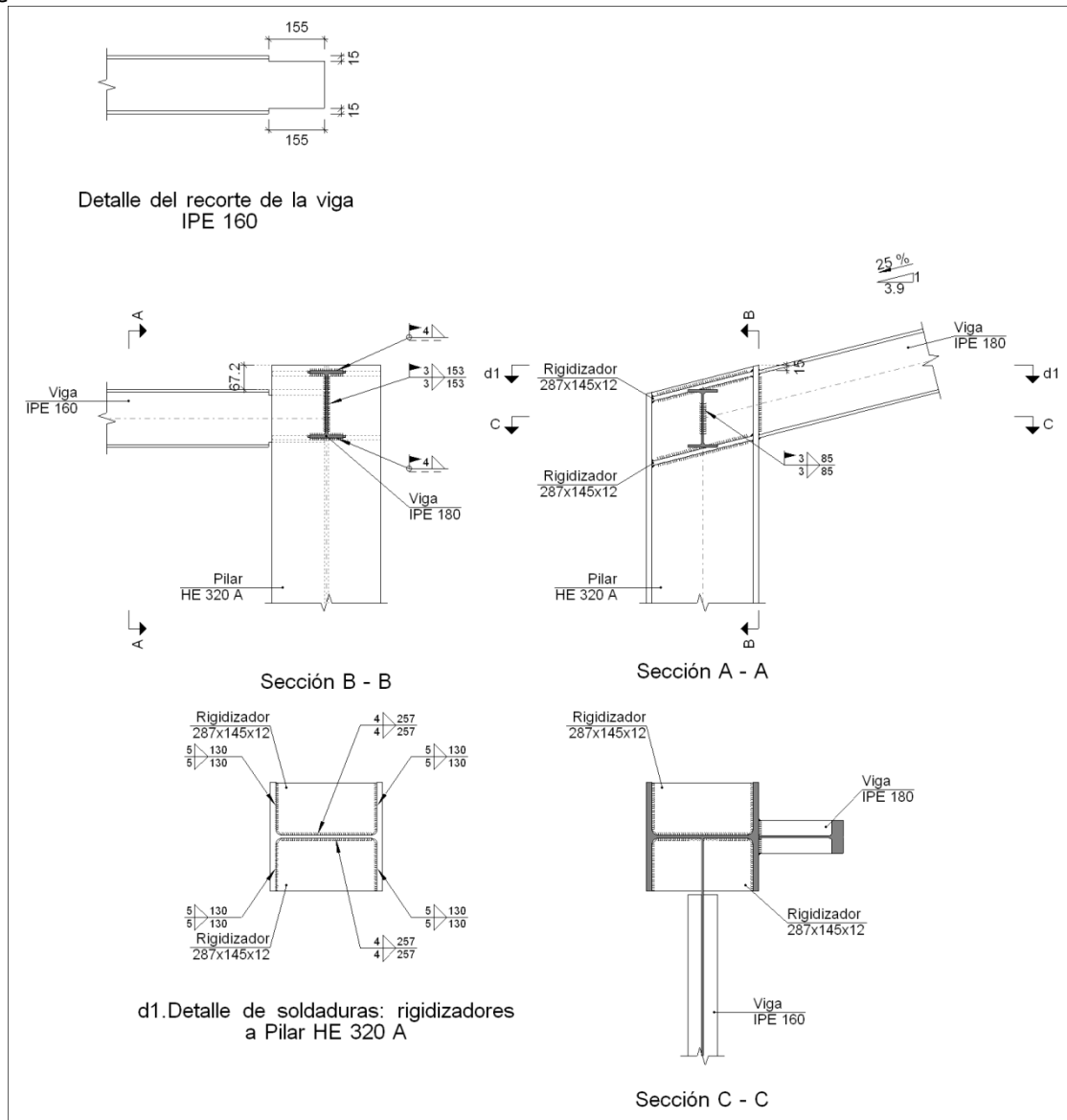
d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	4	2280
			5	3970
			6	1960
			8	160
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	340
			4	1198
6			941	

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	325x140x12	8.57
		2	315x140x12	8.31
				Total

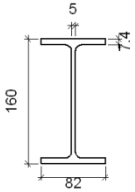
NUDO 7A.- TIPO 24

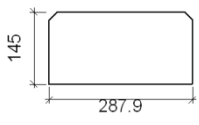
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 320 A		310	300	15.5	9	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 180		180	91	8	5.3	S275	2803.3	4383.3

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	IPE 160		160	82	7.4	5	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios								
Pieza	Geometría				Acero			
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)	
Rigidizador		287.9	145	12	S275	2803.3	4383.3	

c) Comprobación

1) Pilar HE 320 A

Comprobaciones de resistencia							
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)		
Panel	Esbeltz	-	31.00	64.71	47.91		
	Cortante	t	13.313	38.704	34.40		
Rigidizadores	Ala	Desgarro	kp/cm ²	209.492	2669.773	7.85	
		Cortante	kp/cm ²	224.005	2669.773	8.39	
Viga IPE 160	Alma	Punzonamiento		t	3.920	34.084	11.50
		Flexión por fuerza perpendicular		t	3.920	6.136	63.90

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	5	665.1	855.1	55.0	1626.4	39.42	665.1	18.97	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	4	0.0	0.0	222.2	384.9	9.33	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	5	799.9	1028.5	56.0	1955.2	47.39	799.9	22.81	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	4	0.0	0.0	269.0	466.0	11.30	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	5	655.8	843.2	55.0	1603.8	38.88	655.8	18.70	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	4	0.0	0.0	220.7	382.2	9.27	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	5	809.2	1040.4	56.0	1977.8	47.94	809.2	23.08	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	4	0.0	0.0	270.5	468.6	11.36	0.0	0.00	4383.3	0.85

2) Viga IPE 180

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	4	1528.7	1189.0	143.2	2576.7	62.46	1528.7	43.60	4383.3	0.85
Soldadura del alma	3	1259.6	1259.6	323.3	2580.7	62.56	1259.6	35.92	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	4	1351.0	1737.0	145.7	3307.6	80.18	1528.0	43.58	4383.3	0.85

3) Viga IPE 160

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Pandeo local	kp/cm ²	59.941	360.367	16.63

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	3	543.6	543.6	10.4	1087.3	26.36	543.6	15.50	4383.3	0.85

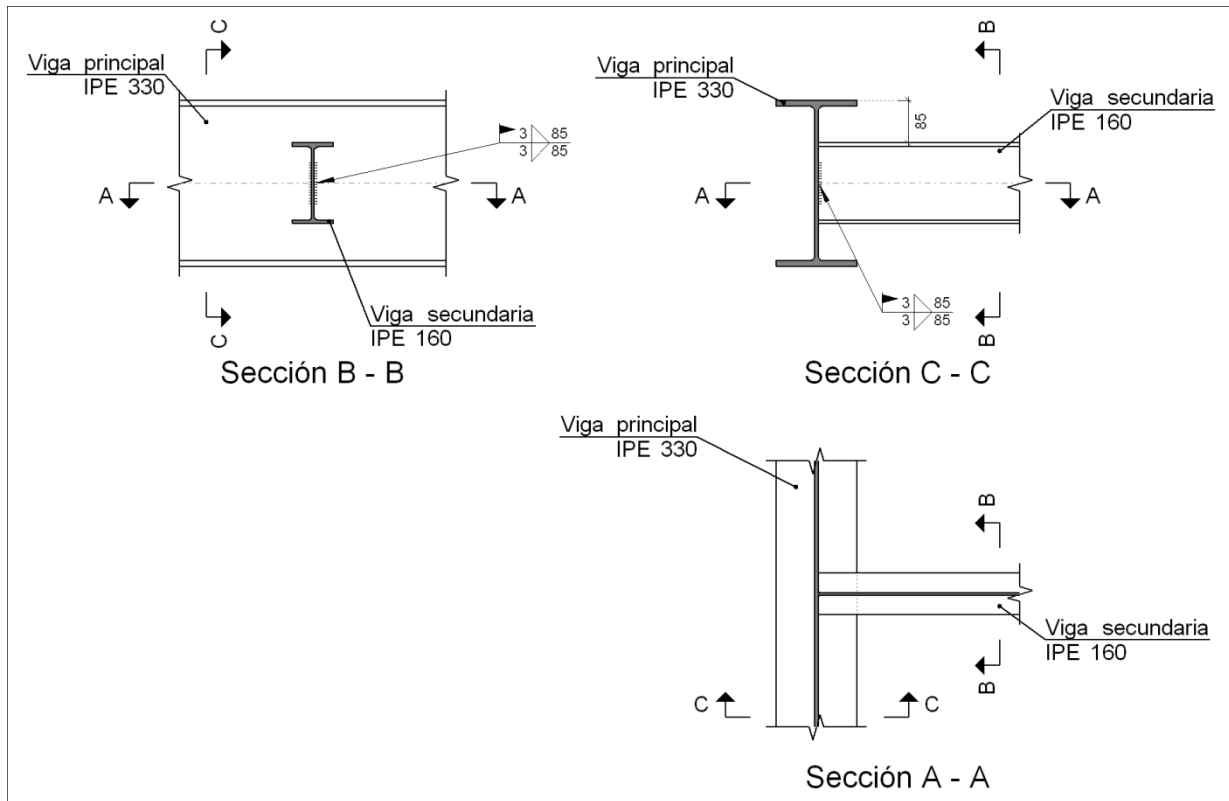
d) Medición

Soldaduras				
f _u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	4	2055
			5	2072
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	475
			4	354

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	287x145x12	15.73
				Total

NUDOS 1B-7B-1C-7C.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga principal	IPE 330		330	160	11.5	7.5	S275	2803.3	4383.3
Viga secundaria	IPE 160		160	82	7.4	5	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Viga principal IPE 330

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Punzonamiento	t	0.089	5.623	1.58
	Flexión por fuerza perpendicular	t	0.088	7.224	1.22

2) Viga secundaria IPE 160

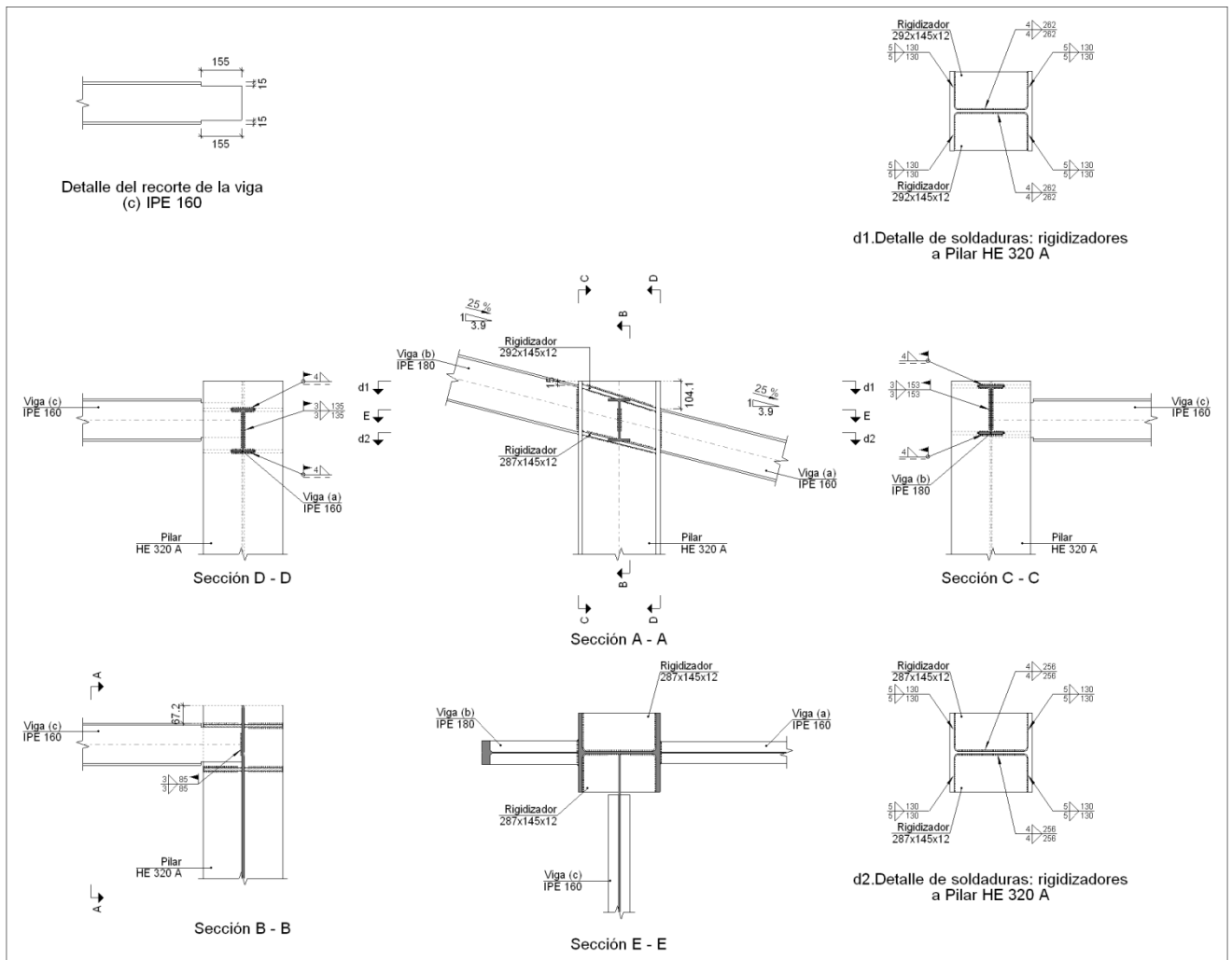
Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	3	877.2	889.4	5.8	1772.8	42.97	889.4	25.36	4383.3	0.85

d) Medición

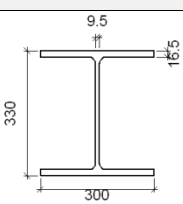
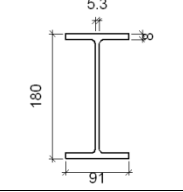
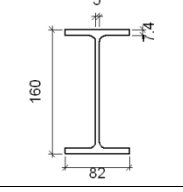
Soldaduras				
f _u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En el lugar de montaje	En ángulo	3	170

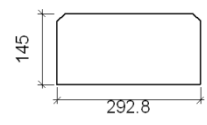
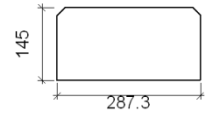
NUDO 1D-7D.- TIPO 25

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 340 A		330	300	16.5	9.5	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 180		180	91	8	5.3	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 160		160	82	7.4	5	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_v (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		292.8	145	12	S275	2803.3	4383.3
Rigidizador		287.3	145	12	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar HE 320 A

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	-	31.00	64.71	47.91	
	Cortante	t	4.539	38.704	11.73	
Rigidizadores	Ala	kp/cm ²	123.625	2669.773	4.63	
	Cortante	kp/cm ²	271.082	2669.773	10.15	
Viga (c) IPE 160	Alma	t	5.519	34.084	16.19	
	Flexión por fuerza perpendicular	t	5.519	6.136	89.96	

Soldaduras en ángulo					
Descripción	a	Tensión de Von Mises	Tensión normal	f_u	β_w

	(mm)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)	(kp/cm ²)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	5	769.1	1051.8	21.3	1977.8	47.94	769.1	21.93	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	4	0.0	0.0	78.0	135.1	3.28	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	5	655.4	836.5	13.3	1590.4	38.55	655.4	18.69	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	4	0.0	0.0	69.6	120.6	2.92	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	5	689.4	942.8	21.3	1772.9	42.97	689.4	19.66	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	4	0.0	0.0	59.3	102.8	2.49	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	5	774.5	988.6	4.4	1879.3	45.55	774.5	22.09	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	4	0.0	0.0	87.1	150.8	3.65	0.0	0.00	4383.3	0.85

2) Viga (a) IPE 160

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	4	1466.1	1885.4	61.9	3581.2	86.81	1651.8	47.11	4383.3	0.85
Soldadura del alma	3	1253.8	1253.8	304.4	2562.5	62.11	1253.8	35.76	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	4	1274.0	1638.3	137.9	3119.7	75.62	1841.4	52.51	4383.3	0.85

3) Viga (b) IPE 180

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	4	1437.6	1118.1	8.9	2411.8	58.46	1437.6	41.00	4383.3	0.85
Soldadura del alma	3	986.2	986.2	195.9	2001.4	48.51	986.2	28.12	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	4	1165.6	1498.7	83.7	2849.2	69.06	1338.2	38.16	4383.3	0.85

4) Viga (c) IPE 160

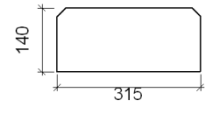
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Pandeo local	kp/cm ²	59.941	360.367	16.63

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	3	765.3	765.3	6.2	1530.6	37.10	765.3	21.82	4383.3	0.85

d) Medición

		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	HE 360 A		360	300	17.5	10	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 330		330	160	11.5	7.5	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 300		300	150	10.7	7.1	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios

Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		315	140	12	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar HE 360 A

Comprobaciones de resistencia

Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	-	31.50	64.71	48.68
	Cortante	t	43.359	48.554	89.30
Ala	Cortante	kp/cm ²	570.151	2669.773	21.36

Soldaduras en ángulo

Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	6	1336.1	1336.1	0.0	2672.2	64.77	1336.1	38.10	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	4	0.0	0.0	759.2	1315.0	31.87	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador intermedio a las alas del pilar	6	1105.4	1105.4	0.0	2210.9	53.59	1105.4	31.52	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador intermedio al alma del pilar	4	0.0	0.0	586.2	1015.4	24.61	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	6	1591.5	1591.5	0.0	3183.0	77.16	1591.5	45.39	4383.3	0.85

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	4	0.0	0.0	363.0	628.7	15.24	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	6	1336.0	1336.0	0.0	2672.1	64.77	1336.0	38.10	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	4	0.0	0.0	759.1	1314.9	31.87	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador intermedio a las alas del pilar	6	1105.3	1105.3	0.0	2210.6	53.59	1105.3	31.52	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador intermedio al alma del pilar	4	0.0	0.0	586.2	1015.3	24.61	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	6	1591.6	1591.6	0.0	3183.2	77.16	1591.6	45.39	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	4	0.0	0.0	362.9	628.6	15.24	0.0	0.00	4383.3	0.85

2) Viga IPE 300

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	5	1190.8	1531.3	5.9	2907.4	70.47	1446.0	41.24	4383.3	0.85
Soldadura del alma	3	1254.3	1254.3	254.5	2547.0	61.74	1254.3	35.77	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	5	0.0	0.0	3.8	6.6	0.16	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela	3	1392.3	1392.3	254.5	2819.4	68.34	1392.3	39.71	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela	5	1517.4	1495.5	0.9	3002.0	72.77	1517.4	43.27	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	5	0.0	0.0	165.5	286.6	6.95	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	7	Para este cordón en ángulo, se adopta el espesor de garganta máximo compatible con los espesores de las piezas a unir.								

3) Viga IPE 330

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	6	1070.3	1376.1	7.0	2612.8	63.33	1455.3	41.50	4383.3	0.85
Soldadura del alma	4	1197.4	1197.4	279.3	2443.1	59.22	1197.4	34.15	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	6	0.0	0.0	4.5	7.9	0.19	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela	4	1335.6	1335.6	279.3	2714.6	65.80	1335.6	38.09	4383.3	0.85

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala de la cartela	6	1128.2	1707.1	0.9	3164.8	76.71	1620.5	46.21	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	5	0.0	0.0	176.7	306.0	7.42	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	8	Para este cordón en ángulo, se adopta el espesor de garganta máximo compatible con los espesores de las piezas a unir.								

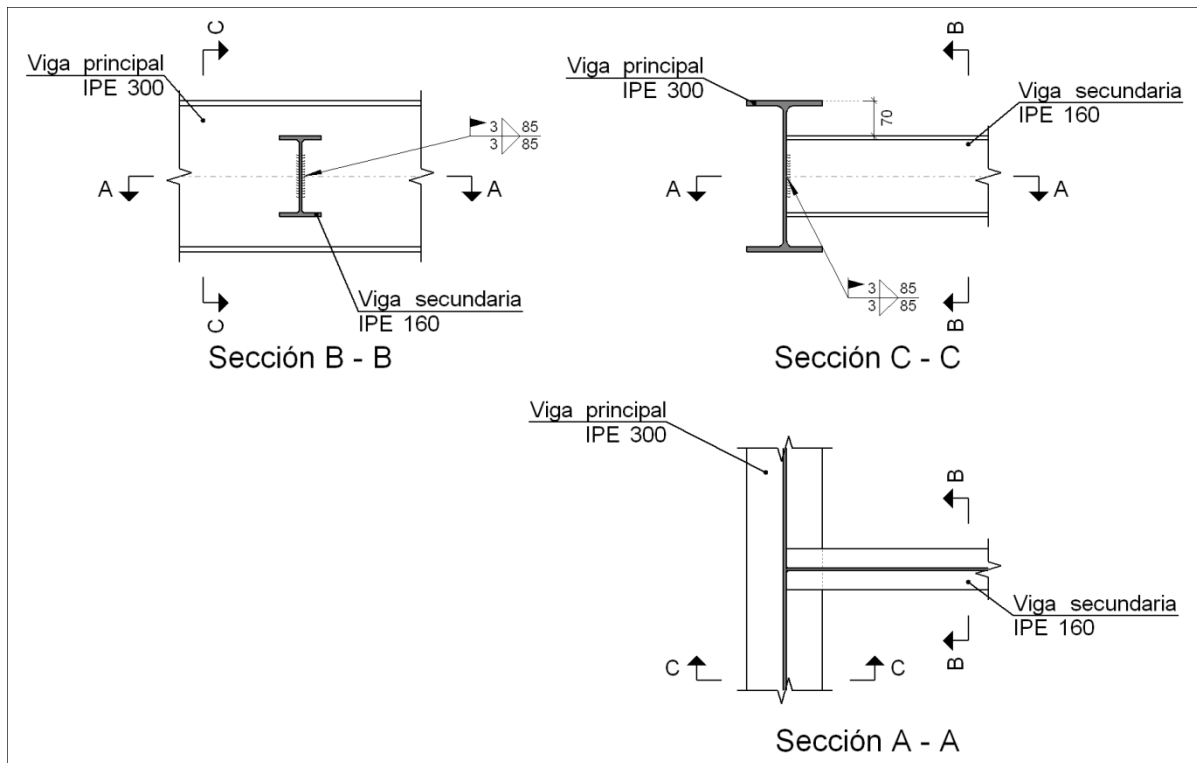
d) Medición

Soldaduras				
f _u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	4	3360
			5	6340
			6	2940
			7	150
			8	160
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	1037
			4	1198
			5	880
			6	941

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	6	315x140x12	24.93
			Total	24.93

NUDOS 1E-7E.

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga principal	IPE 300		300	150	10.7	7.1	S275	2803.3	4383.3
Viga secundaria	IPE 160		160	82	7.4	5	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Viga principal IPE 300

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Punzonamiento	t	0.083	5.497	1.51
	Flexión por fuerza perpendicular	t	0.083	6.733	1.23

2) Viga secundaria IPE 160

Soldaduras en ángulo					
Descripción	a	Tensión de Von Mises	Tensión normal	f_u	β_w

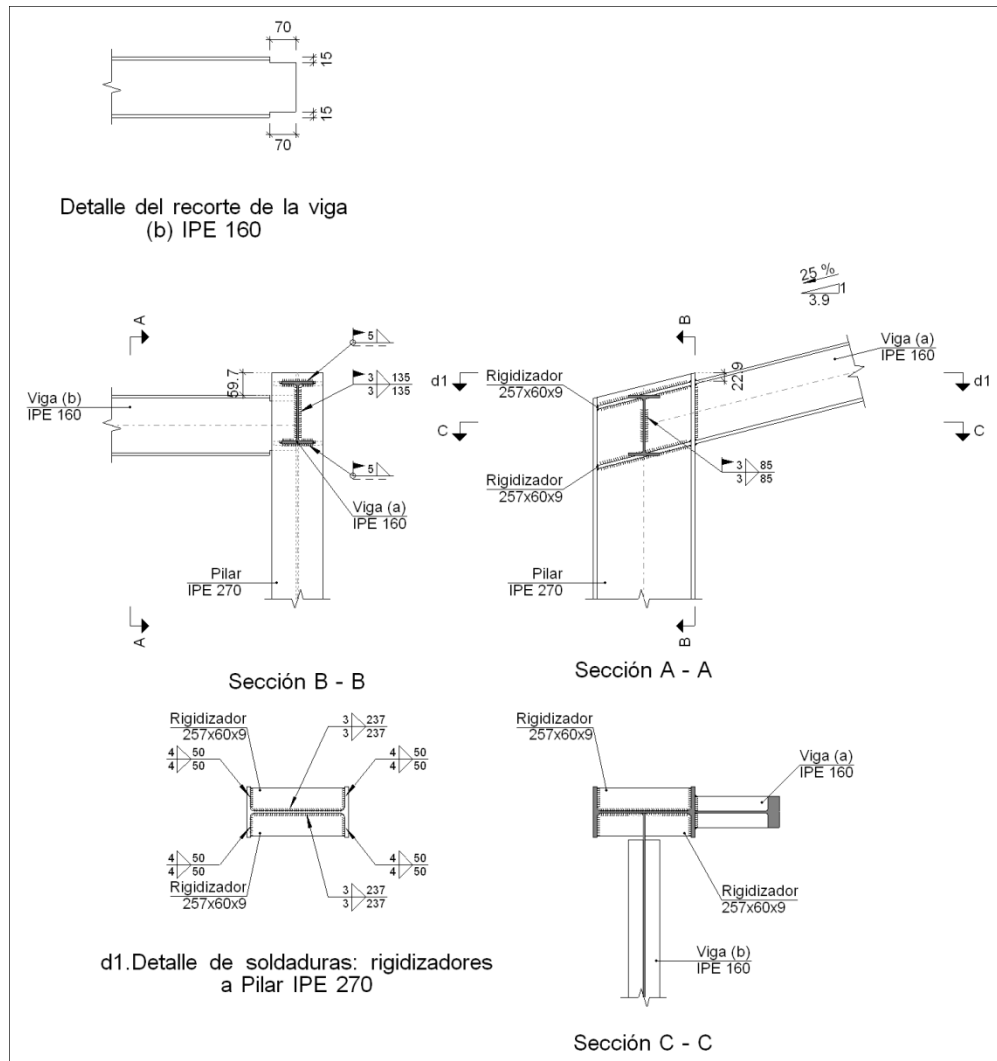
	(mm)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)	(kp/cm ²)	
Soldadura del alma	3	307.3	323.1	9.9	638.6	15.48	323.1	9.21	4383.3	0.85

d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En el lugar de montaje	En ángulo	3	170

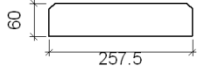
NUDO 1F-7F.- TIPO 27

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Pieza	Descripción	Esquema	Perfiles				Acero		
			Geometría	Geometría	Geometría	Geometría	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)			
Pilar	IPE 270		270	135	10.2	6.6	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 160		160	82	7.4	5	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		257.5	60	9	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar IPE 270

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación		Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez		-	37.82	64.71	58.44
	Cortante		t	10.719	24.721	43.36
Rigidizadores	Ala	Desgarro	kp/cm ²	730.175	2669.773	27.35
		Cortante	kp/cm ²	629.963	2669.773	23.60
Viga (b) IPE 160	Alma	Punzonamiento	t	1.201	24.995	4.81
		Flexión por fuerza perpendicular	t	1.201	3.378	35.56

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	4	1159.5	1491.1	419.0	2922.6	70.84	1159.5	33.07	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	3	0.0	0.0	420.5	728.4	17.66	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	4	893.4	1148.9	63.6	2184.1	52.94	893.4	25.48	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	3	0.0	0.0	319.2	552.9	13.40	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	4	843.9	1085.2	277.8	2115.8	51.29	843.9	24.07	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	3	0.0	0.0	305.8	529.6	12.84	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	4	1193.4	1534.7	52.0	2915.2	70.66	1193.4	34.03	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	3	0.0	0.0	426.8	739.2	17.92	0.0	0.00	4383.3	0.85

2) Viga (a) IPE 160

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	5	1510.1	1942.0	224.5	3707.5	89.87	2039.4	58.16	4383.3	0.85
Soldadura del alma	3	825.8	825.8	264.1	1713.9	41.54	825.8	23.55	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	5	1610.3	2070.8	108.3	3936.1	95.41	1973.3	56.27	4383.3	0.85

3) Viga (b) IPE 160

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Pandeo local	kp/cm ²	27.547	1268.527	2.17

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (kp/cm ²)	β _w
		σ _⊥ (kp/cm ²)	τ _⊥ (kp/cm ²)	τ _{//} (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	3	166.6	166.6	10.4	333.6	8.09	166.6	4.75	4383.3	0.85

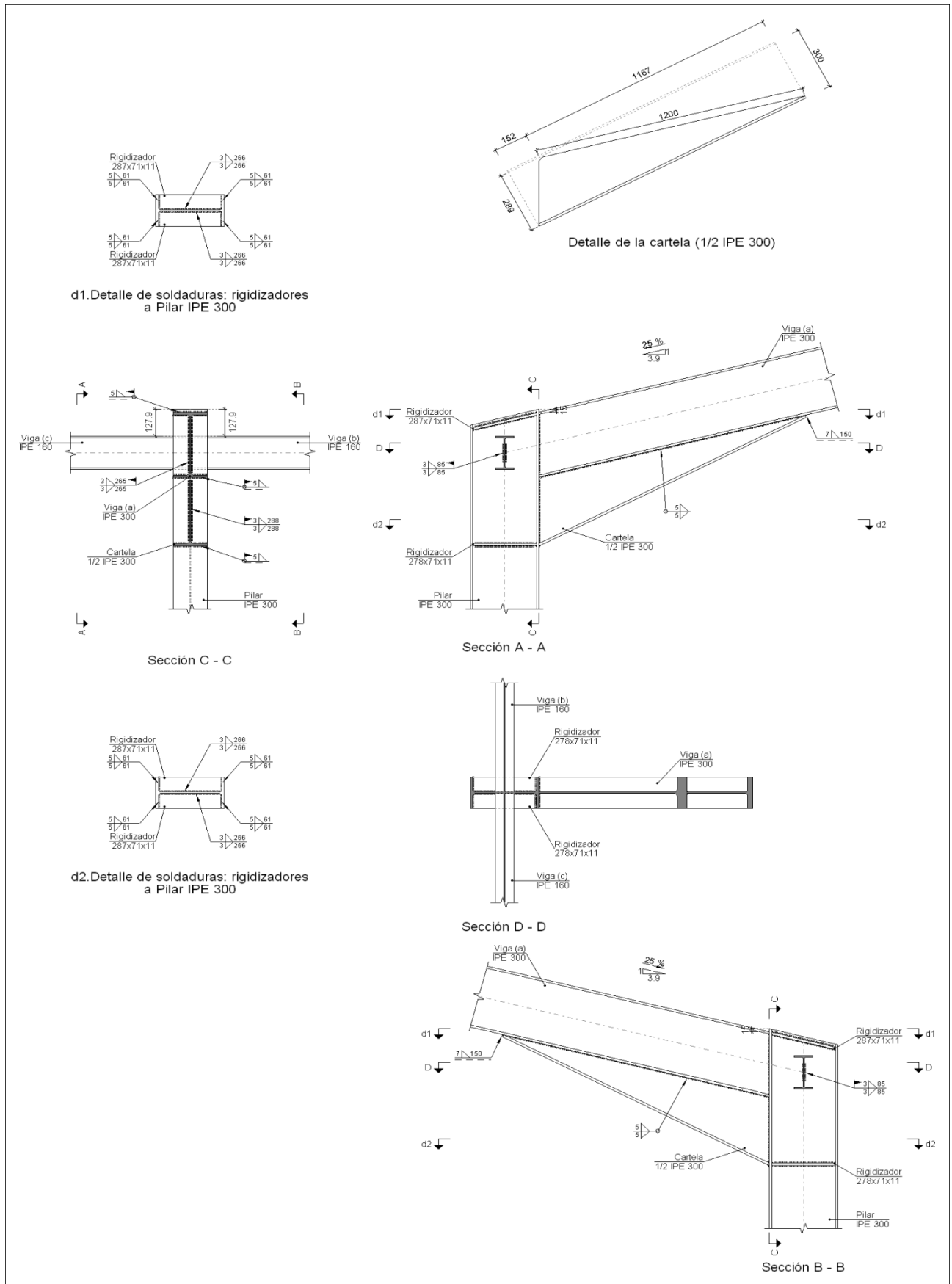
d) Medición

Soldaduras				
f _u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	3	1897
			4	797
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	439
			5	319

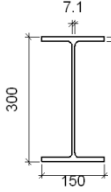
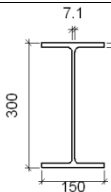
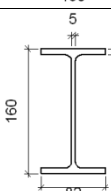
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	257x60x9	4.37
				Total

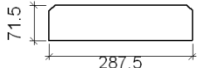
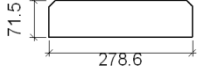
NUDOS 2F-3F-4F-5F-6F.- TIPO 28

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Pilar	IPE 300		300	150	10.7	7.1	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 300		300	150	10.7	7.1	S275	2803.3	4383.3
Viga	IPE 160		160	82	7.4	5	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Rigidizador		287.5	71.5	11	S275	2803.3	4383.3
Rigidizador		278.6	71.5	11	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Pilar IPE 300

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación		Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Rigidizadores	Panel	Esbeltéz	-	39.24	64.71	60.64
		Cortante	t	36.656	58.856	62.28
Rigidizadores	Ala	Cortante	kp/cm ²	1591.876	2669.773	59.63
Viga (b) IPE 160	Alma	Punzonamiento	t	1.201	26.889	4.47
		Flexión por fuerza perpendicular	t	1.201	3.790	31.69
Viga (c) IPE 160	Alma	Punzonamiento	t	1.190	26.889	4.43
		Flexión por fuerza perpendicular	t	1.190	3.790	31.41

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	5	779.0	1001.8	0.0	1902.0	46.11	779.0	22.22	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	3	0.0	0.0	498.3	863.1	20.92	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	5	1157.4	1157.4	0.0	2314.8	56.11	1157.4	33.01	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	3	0.0	0.0	644.4	1116.1	27.05	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas del pilar	5	779.0	1001.7	0.0	1901.9	46.10	779.0	22.21	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma del pilar	3	0.0	0.0	498.3	863.0	20.92	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas del pilar	5	1157.5	1157.5	0.0	2315.0	56.11	1157.5	33.01	4383.3	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma del pilar	3	0.0	0.0	644.4	1116.1	27.05	0.0	0.00	4383.3	0.85

2) Viga (a) IPE 300

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	5	601.2	773.1	5.7	1467.8	35.58	817.4	23.31	4383.3	0.85
Soldadura del alma	3	671.2	671.2	258.9	1415.4	34.31	671.2	19.14	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	5	0.0	0.0	3.2	5.6	0.14	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela	3	790.3	790.3	258.9	1642.9	39.82	790.3	22.54	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela	5	626.6	1036.4	0.7	1901.4	46.09	985.2	28.10	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	5	0.0	0.0	125.1	216.6	5.25	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	7	Para este cordón en ángulo, se adopta el espesor de garganta máximo compatible con los espesores de las piezas a unir.								

3) Viga (c) IPE 160

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	3	165.1	165.1	10.4	330.6	8.01	165.1	4.71	4383.3	0.85

4) Viga (b) IPE 160

Soldaduras en ángulo										
----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	3	166.6	166.6	10.4	333.6	8.09	166.6	4.75	4383.3	0.85

d) Medición

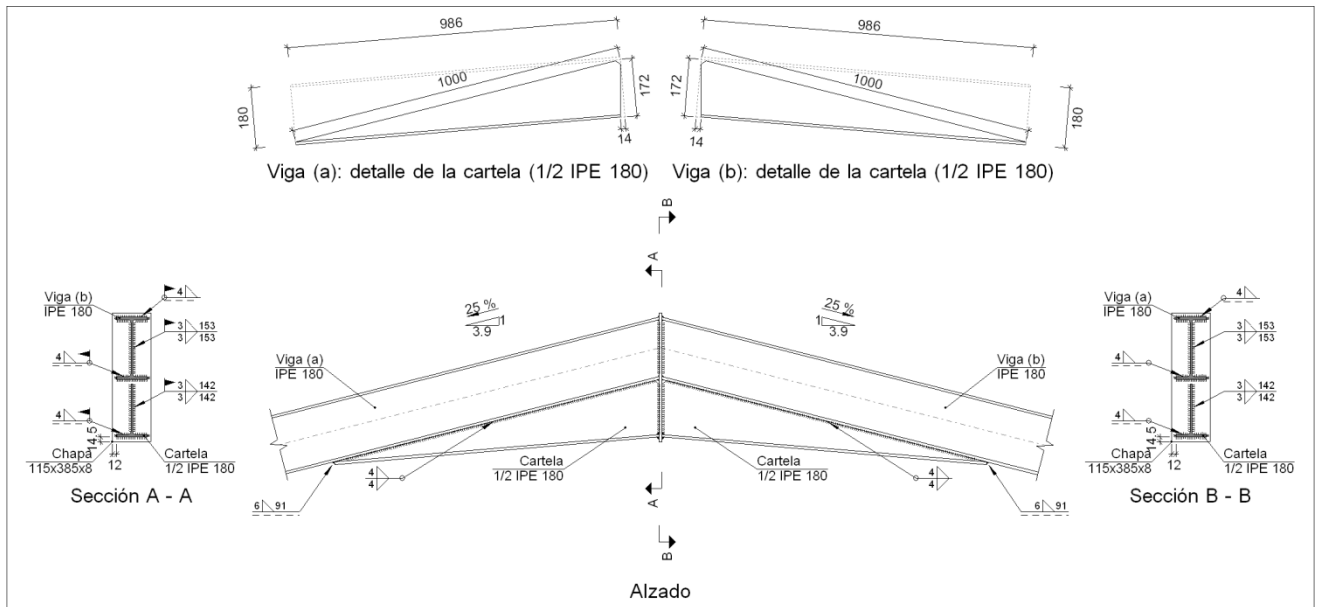
Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	3	2093
			5	3342
			7	150
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	1446
			5	815

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	287x71x11	3.55
		2	278x71x11	3.44
				Total

3.5 NUDOS CUMBRE:

NUDOS 1-7.- TIPO 29

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	IPE 180		180	91	8	5.3	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios								
Pieza	Geometría				Tipo	Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)		f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)	
Chapa frontal: Viga (a) IPE 180		115	385	8	S275	2803.3	4383.3	

c) Comprobación

1) Viga (a) IPE 180

Soldaduras en ángulo					
Descripción	a	Tensión de Von Mises	Tensión normal	f_u	β_w

	(mm)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)	(kp/cm ²)	
Soldadura del ala superior	4	644.0	828.0	10.5	1572.3	38.11	766.9	21.87	4383.3	0.85
Soldadura del alma	3	634.8	634.8	2.4	1269.6	30.78	634.8	18.10	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	4	224.3	174.4	20.3	377.9	9.16	224.3	6.40	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela	3	852.3	852.3	2.3	1704.5	41.32	852.3	24.30	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela	4	998.9	918.4	5.0	1878.3	45.53	998.9	28.49	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	4	0.2	0.2	56.8	98.4	2.39	0.2	0.01	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	6	Para este cordón en ángulo, se adopta el espesor de garganta máximo compatible con los espesores de las piezas a unir.								

2) Viga (b) IPE 180

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	4	644.8	829.0	0.1	1574.0	38.15	767.9	21.90	4383.3	0.85
Soldadura del alma	3	635.3	635.3	1.4	1270.6	30.80	635.3	18.12	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	4	224.5	174.6	0.6	376.7	9.13	224.5	6.40	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela	3	852.8	852.8	2.7	1705.6	41.34	852.8	24.32	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela	4	999.7	919.1	0.0	1879.7	45.56	999.7	28.51	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	4	0.1	0.1	52.6	91.0	2.21	0.1	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	6	Para este cordón en ángulo, se adopta el espesor de garganta máximo compatible con los espesores de las piezas a unir.								

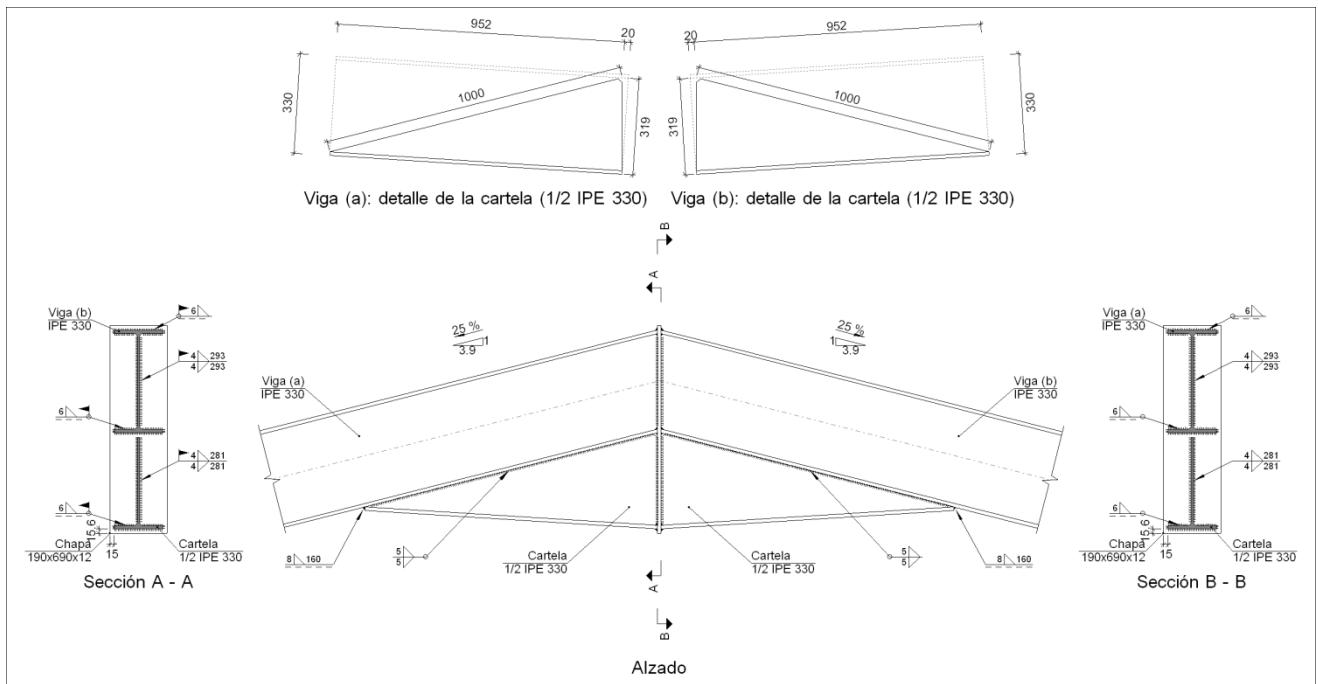
d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	3	589
			4	4471
			6	182
	En el lugar de montaje	En ángulo	3	589
			4	531

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	115x385x8	2.78
				Total

NUDOS 2-3-4-5-6.- TIPO 30


a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Viga	IPE 330		330	160	11.5	7.5	S275	2803.3	4383.3

Elementos complementarios								
Pieza	Geometría				Acero			
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)	

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_y (kp/cm ²)	f_u (kp/cm ²)
Chapa frontal: Viga (a) IPE 330		190	690	12	S275	2803.3	4383.3

c) Comprobación

1) Viga (a) IPE 330

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	6	418.8	538.5	7.7	1022.5	24.79	513.6	14.65	4383.3	0.85
Soldadura del alma	4	449.0	449.0	6.7	898.0	21.77	449.0	12.80	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	6	80.5	103.5	0.1	196.4	4.76	97.6	2.78	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela	4	315.3	315.3	6.7	630.7	15.29	315.3	8.99	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela	6	336.7	358.7	1.1	706.7	17.13	336.7	9.60	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	5	0.0	0.0	36.6	63.4	1.54	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	8	Para este cordón en ángulo, se adopta el espesor de garganta máximo compatible con los espesores de las piezas a unir.								

2) Viga (b) IPE 330

Soldaduras en ángulo										
Descripción	a (mm)	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (kp/cm ²)	β_w
		σ_{\perp} (kp/cm ²)	τ_{\perp} (kp/cm ²)	$\tau_{//}$ (kp/cm ²)	Valor (kp/cm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (kp/cm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	6	419.3	539.1	7.7	1023.7	24.81	514.2	14.66	4383.3	0.85
Soldadura del alma	4	449.5	449.5	9.6	899.1	21.79	449.5	12.82	4383.3	0.85
Soldadura del ala inferior	6	80.5	103.6	0.1	196.6	4.77	97.6	2.78	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela	4	315.9	315.9	9.6	632.0	15.32	315.9	9.01	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela	6	337.3	359.3	1.1	707.9	17.16	337.3	9.62	4383.3	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	5	0.0	0.0	37.8	65.4	1.59	0.0	0.00	4383.3	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	8	Para este cordón en ángulo, se adopta el espesor de garganta máximo compatible con los espesores de las piezas a unir.								

d) Medición

Soldaduras				
f_u (kp/cm ²)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
4383.3	En taller	En ángulo	4	1148
			5	3940
			6	939
			8	320
	En el lugar de montaje	En ángulo	4	1148
			6	939

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	190x690x12	12.35
				Total



**ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA
INDUSTRIAL DE BILBAO**



GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2014 / 2015

*PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL
DESTINADA A LA FABRICACIÓN DE PUERTAS*

ANEXO D: CIMENTACIONES

DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO

NOMBRE: PABLO

APELLIDOS: PEÑA DE LA FRAGUA

DNI: 78944574-H

FDO.:

FECHA:12/06/2015

DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA

NOMBRE: IRANTZU

APELLIDOS: URIARTE GALLASTEGUI

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA

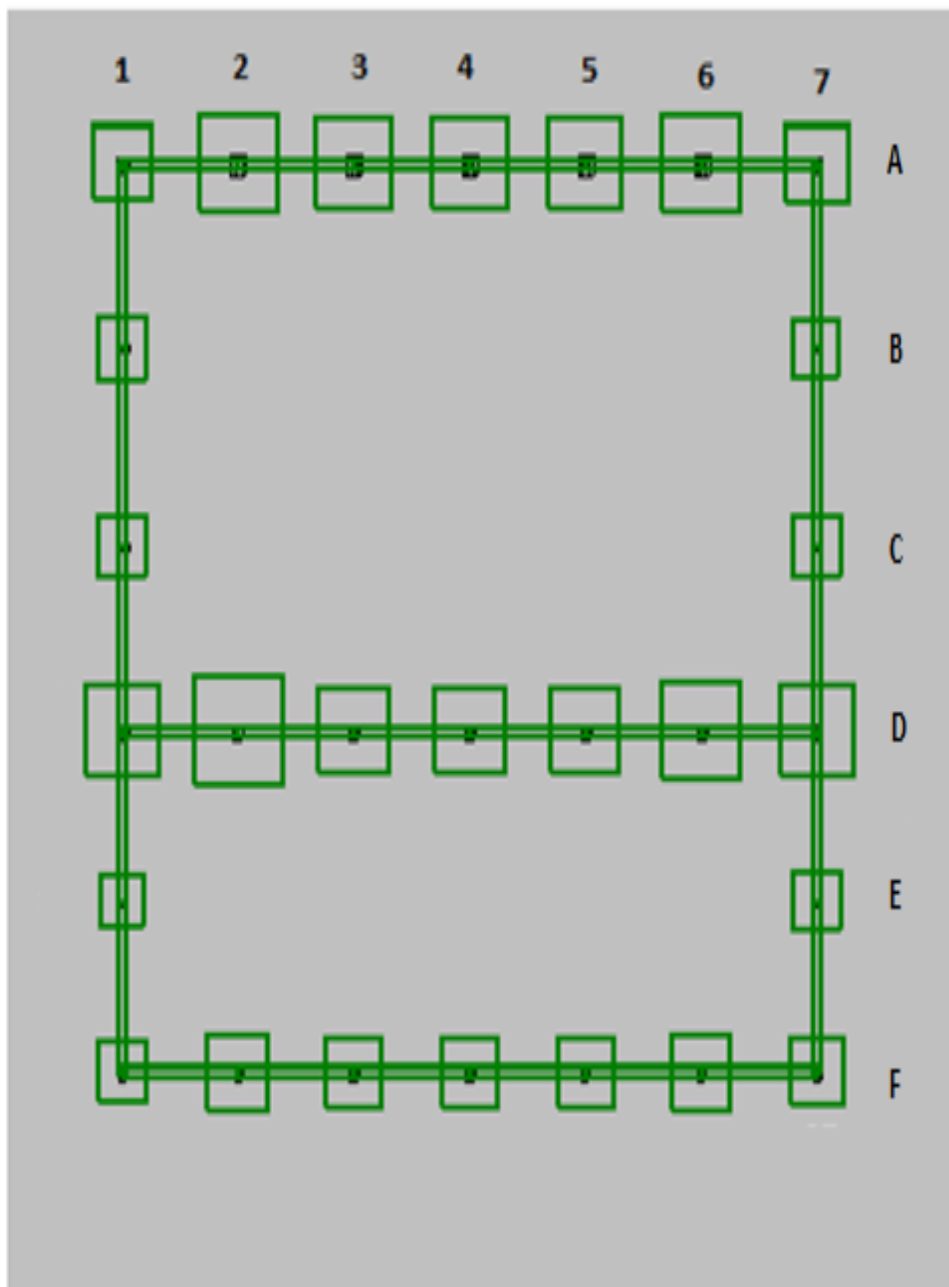
FDO.:

FECHA:12/06/2015

ÍNDICE

ESQUEMA.....	2
VIGAS DE ATADO.....	3
Zapata 1A.....	4
Zapata 2A-6A.....	6
Zapata 3A-4A-5A.....	8
Zapata 7A.....	10
Zapata 1B-1C-7B-7C.....	12
Zapata 1D.....	14
Zapata 2D-6D.....	16
Zapata 3D-4D-5D.....	18
Zapata 7D.....	20
Zapata 1E-7E.....	22
Zapata 1F.....	24
Zapata 2F-6F.....	26
Zapata 3F-4F-5F.....	28
Zapata 7F.....	30

CÁLCULOS DE ARMADO DE TODAS LAS ZAPATAS Y LA VIGA DE ATADO DE LA ESTRUCTURA NOMBRADOS SEGÚN EL SIGUIENTE ESQUEMA



Viga de atado independientemente de su longitud

Referencia: C.1 [N-N] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2 Ø12 -Armadura inferior: 2 Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Recomendación para el ancho mínimo de la viga de atado: <i>J. Calavera, 'Cálculo de Estructuras de Cimentación' 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15 (pag.126).</i>	Mínimo: 20.6 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Recomendación para el canto mínimo de la viga de atado: <i>J. Calavera, 'Cálculo de Estructuras de Cimentación' 4ª edición, INTEMAC. Apartado 3.15 (pag.126).</i>	Mínimo: 20.6 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 66.4.1 (norma EHE-98)</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 (norma EHE-98)</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 (norma EHE-98)</i> - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

Referencia: N1		
Dimensiones: 260 x 260 x 65		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: 	<p>Máximo: 1.5 kp/cm² Calculado: 0.29 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.394 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.58 kp/cm²</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Vuelco de la zapata: <i>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.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	<p>Reserva seguridad: 4.4 %</p> <p>Reserva seguridad: 85.9 %</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Flexión en la zapata:</p> <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	<p>Momento: 3.86 t·m</p> <p>Momento: 4.58 t·m</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cortante en la zapata:</p> <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	<p>Cortante: 4.53 t</p> <p>Cortante: 4.35 t</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Situaciones persistentes: 	<p>Máximo: 509.68 t/m² Calculado: 9.06 t/m²</p>	<p>Cumple</p>
<p>Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i></p>	<p>Mínimo: 25 cm Calculado: 65 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Espacio para anclar arranques en cimentación: - N5:</p>	<p>Mínimo: 54 cm Calculado: 58 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	<p>Mínimo: 0.002</p> <p>Calculado: 0.0021</p> <p>Calculado: 0.0021</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y: 	<p>Calculado: 0.0011</p> <p>Mínimo: 0.0002</p> <p>Mínimo: 0.0003</p> <p>Mínimo: 0.0002</p> <p>Mínimo: 0.0002</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Parrilla inferior: - Parrilla superior: 	<p>Mínimo: 12 mm</p> <p>Calculado: 12 mm</p> <p>Calculado: 12 mm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>

Referencia: N1		
Dimensiones: 260 x 260 x 65		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 17 cm Calculado: 17 cm Calculado: 17 cm Calculado: 17 cm	 Cumple Cumple Cumple Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 17 cm Calculado: 17 cm Calculado: 17 cm Calculado: 17 cm	 Cumple Cumple Cumple Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i> - Armado inf. dirección X hacia der: - Armado inf. dirección X hacia izq: - Armado inf. dirección Y hacia arriba: - Armado inf. dirección Y hacia abajo: - Armado sup. dirección X hacia der: - Armado sup. dirección X hacia izq: - Armado sup. dirección Y hacia arriba: - Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 53 cm Calculado: 53 cm Calculado: 51 cm Calculado: 51 cm Calculado: 53 cm Calculado: 53 cm Calculado: 51 cm Calculado: 51 cm	 Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Zapata de tipo rígido (Artículo 59.2 (norma EHE-98)) - Relación rotura pésima (En dirección X): 0.13 - Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.15 - Cortante de agotamiento (En dirección X): 41.33 t - Cortante de agotamiento (En dirección Y): 41.33 t		

Referencia: N2-N6		
Dimensiones: 340 x 340 x 70		
Armados: Xi:Ø12c/16 Yi:Ø12c/16 Xs:Ø12c/16 Ys:Ø12c/16		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: 	<p>Máximo: 1.5 kp/cm² Calculado: 0.36 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.552 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.721 kp/cm²</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Vuelco de la zapata: <i>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.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	<p>Reserva seguridad: 120.1 %</p> <p>Reserva seguridad: 3.3 %</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Flexión en la zapata:</p> <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	<p>Momento: -5.96 t·m</p> <p>Momento: 18.31 t·m</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cortante en la zapata:</p> <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	<p>Cortante: 4.67 t</p> <p>Cortante: 15.00 t</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Compresión oblicua en la zapata:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> 	<p>Máximo: 509.68 t/m² Calculado: 10.67 t/m²</p>	<p>Cumple</p>
<p>Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i></p>	<p>Mínimo: 25 cm Calculado: 70 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Espacio para anclar arranques en cimentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - N12: 	<p>Mínimo: 49 cm Calculado: 63 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	<p>Mínimo: 0.002</p> <p>Calculado: 0.0021</p> <p>Calculado: 0.0021</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y: 	<p>Calculado: 0.0011</p> <p>Mínimo: 0.0002</p> <p>Mínimo: 0.0006</p> <p>Mínimo: 0.0002</p> <p>Mínimo: 0.0003</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Parrilla inferior: 	<p>Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm</p>	<p>Cumple</p>

Referencia: N2-N6		
Dimensiones: 340 x 340 x 70		
Armados: Xi:Ø12c/16 Yi:Ø12c/16 Xs:Ø12c/16 Ys:Ø12c/16		
Comprobación	Valores	Estado
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 84 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 84 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 82 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 82 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 84 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 84 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 82 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 82 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 59.2 (norma EHE-98))		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.13		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.40		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 57.56 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 57.56 t		

Referencia: N3-N4-N5		
Dimensiones: 320 x 320 x 65		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- Tensión media en situaciones persistentes:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:</p>	<p>Máximo: 1.5 kp/cm² Calculado: 0.467 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.636 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.936 kp/cm²</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Vuelco de la zapata: <i>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.</i></p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Reserva seguridad: 807.3 %</p> <p>Reserva seguridad: 14.9 %</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Flexión en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Momento: 4.94 t·m</p> <p>Momento: 22.17 t·m</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cortante en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Cortante: 4.13 t</p> <p>Cortante: 20.17 t</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Compresión oblicua en la zapata:</p> <p>- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p>	<p>Máximo: 509.68 t/m² Calculado: 12.3 t/m²</p>	<p>Cumple</p>
<p>Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i></p>	<p>Mínimo: 25 cm Calculado: 65 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Espacio para anclar arranques en cimentación:</p> <p>- N19:</p>	<p>Mínimo: 49 cm Calculado: 58 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Mínimo: 0.002</p> <p>Calculado: 0.0021</p> <p>Calculado: 0.0021</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p>	<p>Calculado: 0.0011</p> <p>Mínimo: 0.0002</p> <p>Mínimo: 0.0009</p> <p>Mínimo: 0.0002</p> <p>Mínimo: 0.0003</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i></p> <p>- Parrilla inferior:</p>	<p>Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm</p>	<p>Cumple</p>

Referencia: N3-N4-N5		
Dimensiones: 320 x 320 x 65		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 78 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 78 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 76 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 76 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 78 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 78 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 76 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 76 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 59.2 (norma EHE-98))		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.13		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.59		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 51.00 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 51.00 t		

Referencia: N7		
Dimensiones: 280 x 280 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/18 Yi:Ø12c/18 Xs:Ø12c/18 Ys:Ø12c/18		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- Tensión media en situaciones persistentes:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:</p>	<p>Máximo: 1.5 kp/cm² Calculado: 0.268 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.34 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.475 kp/cm²</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Vuelco de la zapata: <i>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.</i></p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Reserva seguridad: 39.1 %</p> <p>Reserva seguridad: 93.0 %</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Flexión en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Momento: -3.70 t·m</p> <p>Momento: 4.27 t·m</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cortante en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Cortante: 3.57 t</p> <p>Cortante: 4.14 t</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- Situaciones persistentes:</p>	<p>Máximo: 509.68 t/m² Calculado: 10.59 t/m²</p>	<p>Cumple</p>
<p>Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i></p>	<p>Mínimo: 25 cm Calculado: 60 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Espacio para anclar arranques en cimentación: - N47:</p>	<p>Mínimo: 49 cm Calculado: 53 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Mínimo: 0.002</p> <p>Calculado: 0.0021</p> <p>Calculado: 0.0021</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p>	<p>Calculado: 0.0011</p> <p>Mínimo: 0.0002</p> <p>Mínimo: 0.0003</p> <p>Mínimo: 0.0002</p> <p>Mínimo: 0.0002</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i></p> <p>- Parrilla inferior:</p> <p>- Parrilla superior:</p>	<p>Mínimo: 12 mm</p> <p>Calculado: 12 mm</p> <p>Calculado: 12 mm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>

Referencia: N7		
Dimensiones: 280 x 280 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/18 Yi:Ø12c/18 Xs:Ø12c/18 Ys:Ø12c/18		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 18 cm Calculado: 18 cm Calculado: 18 cm Calculado: 18 cm	 Cumple Cumple Cumple Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 18 cm Calculado: 18 cm Calculado: 18 cm Calculado: 18 cm	 Cumple Cumple Cumple Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i> - Armado inf. dirección X hacia der: - Armado inf. dirección X hacia izq: - Armado inf. dirección Y hacia arriba: - Armado inf. dirección Y hacia abajo: - Armado sup. dirección X hacia der: - Armado sup. dirección X hacia izq: - Armado sup. dirección Y hacia arriba: - Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 67 cm Calculado: 67 cm Calculado: 66 cm Calculado: 66 cm Calculado: 67 cm Calculado: 67 cm Calculado: 66 cm Calculado: 66 cm	 Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 59.2 (norma EHE-98)) - Relación rotura pésima (En dirección X): 0.13 - Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.15 - Cortante de agotamiento (En dirección X): 41.89 t - Cortante de agotamiento (En dirección Y): 41.89 t		

Referencia: N8-N10-N11 Dimensiones: 215 x 215 x 50 Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 1.5 kp/cm ² Calculado: 0.239 kp/cm ² Máximo: 1.875 kp/cm ² Calculado: 0.21 kp/cm ² Máximo: 1.875 kp/cm ² Calculado: 0.329 kp/cm ²	Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: <i>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.</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Reserva seguridad: 32370.8 % Reserva seguridad: 56.3 %	Cumple Cumple
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 1.64 t·m Momento: 2.09 t·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Cortante: 1.86 t Cortante: 2.49 t	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 11.56 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N55:	Mínimo: 30 cm Calculado: 43 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Mínimo: 0.002 Calculado: 0.0021 Calculado: 0.0021	Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0011 Mínimo: 0.0002 Mínimo: 0.0003 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0002	Cumple Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i> - Parrilla inferior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple

Referencia: N8-N10-N11		
Dimensiones: 215 x 215 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/22 Yi:Ø12c/22 Xs:Ø12c/22 Ys:Ø12c/22		
Comprobación	Valores	Estado
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 22 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 50 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 50 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 43 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 43 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 50 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 50 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 43 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 43 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 59.2 (norma EHE-98))		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.12		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.15		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 27.21 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 27.21 t		

Referencia: N12		
Dimensiones: 320 x 320 x 75		
Armados: Xi:Ø12c/15 Yi:Ø12c/15 Xs:Ø12c/15 Ys:Ø12c/15		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- Tensión media en situaciones persistentes:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:</p>	<p>Máximo: 1.5 kp/cm² Calculado: 0.298 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.278 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.436 kp/cm²</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Vuelco de la zapata: <i>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.</i></p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Reserva seguridad: 26.1 %</p> <p>Reserva seguridad: 456.0 %</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Flexión en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Momento: -7.70 t·m</p> <p>Momento: 4.93 t·m</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cortante en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Cortante: 5.96 t</p> <p>Cortante: 3.74 t</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Compresión oblicua en la zapata:</p> <p>- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p>	<p>Máximo: 509.68 t/m² Calculado: 9.42 t/m²</p>	<p>Cumple</p>
<p>Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i></p>	<p>Mínimo: 25 cm Calculado: 75 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Espacio para anclar arranques en cimentación:</p> <p>- N3:</p>	<p>Mínimo: 65 cm Calculado: 68 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Mínimo: 0.002</p> <p>Calculado: 0.0021</p> <p>Calculado: 0.0021</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p>	<p>Calculado: 0.0011</p> <p>Mínimo: 0.0002</p> <p>Mínimo: 0.0002</p> <p>Mínimo: 0.0003</p> <p>Mínimo: 0.0002</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i></p> <p>- Parrilla inferior:</p>	<p>Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm</p>	<p>Cumple</p>

Referencia: N12		
Dimensiones: 320 x 320 x 75		
Armados: Xi:Ø12c/15 Yi:Ø12c/15 Xs:Ø12c/15 Ys:Ø12c/15		
Comprobación	Valores	Estado
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 15 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 75 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 75 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 73 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 73 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 75 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 75 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 73 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 73 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 59.2 (norma EHE-98))		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.16		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.10		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 57.40 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 57.40 t		

Referencia: N13		
Dimensiones: 380 x 380 x 85		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø12c/13 Xs:Ø12c/13 Ys:Ø12c/13		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: 	<p>Máximo: 1.5 kp/cm² Calculado: 0.36 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.388 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.478 kp/cm²</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Vuelco de la zapata: <i>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.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	<p>Reserva seguridad: 71.1 %</p> <p>Reserva seguridad: 309.9 %</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Flexión en la zapata:</p> <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	<p>Momento: -11.94 t·m</p> <p>Momento: 14.03 t·m</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cortante en la zapata:</p> <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	<p>Cortante: 7.77 t</p> <p>Cortante: 9.18 t</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Compresión oblicua en la zapata:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> 	<p>Máximo: 509.68 t/m² Calculado: 18.45 t/m²</p>	<p>Cumple</p>
<p>Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i></p>	<p>Mínimo: 25 cm Calculado: 85 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Espacio para anclar arranques en cimentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - N10: 	<p>Mínimo: 44 cm Calculado: 78 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	<p>Mínimo: 0.002</p> <p>Calculado: 0.0021</p> <p>Calculado: 0.0021</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y: 	<p>Calculado: 0.0011</p> <p>Mínimo: 0.0002</p> <p>Mínimo: 0.0003</p> <p>Mínimo: 0.0003</p> <p>Mínimo: 0.0002</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Parrilla inferior: 	<p>Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm</p>	<p>Cumple</p>

Referencia: N13		
Dimensiones: 380 x 380 x 85		
Armados: Xi:Ø12c/13 Yi:Ø12c/13 Xs:Ø12c/13 Ys:Ø12c/13		
Comprobación	Valores	Estado
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 13 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 13 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 97 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 97 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 95 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 95 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 97 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 97 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 95 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 95 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 59.2 (norma EHE-98))		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.15		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.18		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 76.59 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 76.59 t		

Referencia: N14-N15-N16 Dimensiones: 300 x 300 x 65 Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 1.5 kp/cm ² Calculado: 0.401 kp/cm ² Máximo: 1.875 kp/cm ² Calculado: 0.487 kp/cm ² Máximo: 1.875 kp/cm ² Calculado: 0.633 kp/cm ²	Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: <i>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.</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Reserva seguridad: 121.8 % Reserva seguridad: 144.8 %	Cumple Cumple
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 7.05 t·m Momento: 12.48 t·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Cortante: 5.94 t Cortante: 10.93 t	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 25.19 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N17:	Mínimo: 44 cm Calculado: 58 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Mínimo: 0.002 Calculado: 0.0021 Calculado: 0.0021	Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0011 Mínimo: 0.0003 Mínimo: 0.0006 Mínimo: 0.0002 Mínimo: 0.0002	Cumple Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i> - Parrilla inferior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple

Referencia: N14-N15-N16		
Dimensiones: 300 x 300 x 65		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 73 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 73 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 71 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 71 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 73 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 73 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 71 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 71 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 59.2 (norma EHE-98))		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.20		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.36		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 47.78 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 47.78 t		

Referencia: N18		
Dimensiones: 320 x 320 x 70		
Armados: Xi:Ø12c/16 Yi:Ø12c/16 Xs:Ø12c/16 Ys:Ø12c/16		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- Tensión media en situaciones persistentes:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:</p>	<p>Máximo: 1.5 kp/cm² Calculado: 0.291 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.265 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.384 kp/cm²</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Vuelco de la zapata: <i>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.</i></p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Reserva seguridad: 23.3 %</p> <p>Reserva seguridad: 360.6 %</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Flexión en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Momento: -7.04 t·m</p> <p>Momento: 4.35 t·m</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cortante en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Cortante: 5.72 t</p> <p>Cortante: 3.46 t</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Compresión oblicua en la zapata:</p> <p>- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p>	<p>Máximo: 509.68 t/m² Calculado: 10.39 t/m²</p>	<p>Cumple</p>
<p>Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i></p>	<p>Mínimo: 25 cm Calculado: 70 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Espacio para anclar arranques en cimentación:</p> <p>- N45:</p>	<p>Mínimo: 60 cm Calculado: 63 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Mínimo: 0.002</p> <p>Calculado: 0.0021</p> <p>Calculado: 0.0021</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p>	<p>Calculado: 0.0011</p> <p>Mínimo: 0.0002</p> <p>Mínimo: 0.0002</p> <p>Mínimo: 0.0003</p> <p>Mínimo: 0.0002</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i></p> <p>- Parrilla inferior:</p>	<p>Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm</p>	<p>Cumple</p>

Referencia: N18		
Dimensiones: 320 x 320 x 70		
Armados: Xi:Ø12c/16 Yi:Ø12c/16 Xs:Ø12c/16 Ys:Ø12c/16		
Comprobación	Valores	Estado
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 79 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 79 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 78 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 78 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 79 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 79 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 78 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 78 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 59.2 (norma EHE-98))		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.17		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.10		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 54.14 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 54.14 t		

Referencia: N19		
Dimensiones: 180 x 180 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28 Xs:Ø12c/28 Ys:Ø12c/28		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- Tensión media en situaciones persistentes:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:</p>	<p>Máximo: 1.5 kp/cm² Calculado: 0.221 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.184 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.273 kp/cm²</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Vuelco de la zapata: <i>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.</i></p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Reserva seguridad: 36065.6 %</p> <p>Reserva seguridad: 17.5 %</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Flexión en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Momento: 1.04 t·m</p> <p>Momento: 1.07 t·m</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cortante en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Cortante: 1.50 t</p> <p>Cortante: 1.61 t</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Compresión oblicua en la zapata:</p> <p>- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p>	<p>Máximo: 509.68 t/m² Calculado: 16.3 t/m²</p>	<p>Cumple</p>
<p>Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i></p>	<p>Mínimo: 25 cm Calculado: 40 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Espacio para anclar arranques en cimentación:</p> <p>- N50:</p>	<p>Mínimo: 30 cm Calculado: 33 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Mínimo: 0.002</p> <p>Calculado: 0.0021</p> <p>Calculado: 0.0021</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p>	<p>Calculado: 0.0011</p> <p>Mínimo: 0.0003</p> <p>Mínimo: 0.0003</p> <p>Mínimo: 0.0001</p> <p>Mínimo: 0.0002</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i></p> <p>- Parrilla inferior:</p>	<p>Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm</p>	<p>Cumple</p>

Referencia: N19		
Dimensiones: 180 x 180 x 40		
Armados: Xi:Ø12c/28 Yi:Ø12c/28 Xs:Ø12c/28 Ys:Ø12c/28		
Comprobación	Valores	Estado
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 28 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 28 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 28 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	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		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 59.2 (norma EHE-98))		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.15		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.15		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 18.61 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 18.61 t		

Referencia: N21		
Dimensiones: 215 x 215 x 55		
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- Tensión media en situaciones persistentes:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:</p>	<p>Máximo: 1.5 kp/cm² Calculado: 0.199 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.223 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.474 kp/cm²</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Vuelco de la zapata: <i>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.</i></p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Reserva seguridad: 44.9 %</p> <p>Reserva seguridad: 63.3 %</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Flexión en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Momento: 1.76 t·m</p> <p>Momento: 2.46 t·m</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cortante en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Cortante: 1.96 t</p> <p>Cortante: 2.83 t</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Compresión oblicua en la zapata: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- Situaciones persistentes:</p>	<p>Máximo: 509.68 t/m² Calculado: 5.36 t/m²</p>	<p>Cumple</p>
<p>Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i></p>	<p>Mínimo: 25 cm Calculado: 55 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Espacio para anclar arranques en cimentación: - N1:</p>	<p>Mínimo: 44 cm Calculado: 48 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Mínimo: 0.002</p> <p>Calculado: 0.0021</p> <p>Calculado: 0.0021</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p>	<p>Calculado: 0.0011</p> <p>Mínimo: 0.0002</p> <p>Mínimo: 0.0003</p> <p>Mínimo: 0.0002</p> <p>Mínimo: 0.0002</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i></p> <p>- Parrilla inferior:</p> <p>- Parrilla superior:</p>	<p>Mínimo: 12 mm</p> <p>Calculado: 12 mm</p> <p>Calculado: 12 mm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>

Referencia: N21		
Dimensiones: 215 x 215 x 55		
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Máximo: 30 cm Calculado: 20 cm Calculado: 20 cm Calculado: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Mínimo: 10 cm Calculado: 20 cm Calculado: 20 cm Calculado: 20 cm Calculado: 20 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i> - Armado inf. dirección X hacia der: - Armado inf. dirección X hacia izq: - Armado inf. dirección Y hacia arriba: - Armado inf. dirección Y hacia abajo: - Armado sup. dirección X hacia der: - Armado sup. dirección X hacia izq: - Armado sup. dirección Y hacia arriba: - Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 47 cm Calculado: 47 cm Calculado: 40 cm Calculado: 40 cm Calculado: 47 cm Calculado: 47 cm Calculado: 40 cm Calculado: 40 cm	Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 59.2 (norma EHE-98)) - Relación rotura pésima (En dirección X): 0.10 - Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.14 - Cortante de agotamiento (En dirección X): 29.54 t - Cortante de agotamiento (En dirección Y): 29.54 t		

Referencia: N22-N26		
Dimensiones: 260 x 260 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/18 Yi:Ø12c/18 Xs:Ø12c/18 Ys:Ø12c/18		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento: 	<p>Máximo: 1.5 kp/cm² Calculado: 0.305 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.436 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.613 kp/cm²</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Vuelco de la zapata: <i>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.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	<p>Reserva seguridad: 582.0 %</p> <p>Reserva seguridad: 36.5 %</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Flexión en la zapata:</p> <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	<p>Momento: 2.72 t·m</p> <p>Momento: 7.60 t·m</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cortante en la zapata:</p> <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	<p>Cortante: 2.52 t</p> <p>Cortante: 7.52 t</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Compresión oblicua en la zapata:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> 	<p>Máximo: 509.68 t/m² Calculado: 12.68 t/m²</p>	<p>Cumple</p>
<p>Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i></p>	<p>Mínimo: 25 cm Calculado: 60 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Espacio para anclar arranques en cimentación:</p> <ul style="list-style-type: none"> - N8: 	<p>Mínimo: 40 cm Calculado: 53 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - En dirección X: - En dirección Y: 	<p>Mínimo: 0.002</p> <p>Calculado: 0.0021</p> <p>Calculado: 0.0021</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y: 	<p>Calculado: 0.0011</p> <p>Mínimo: 0.0002</p> <p>Mínimo: 0.0005</p> <p>Mínimo: 0.0002</p> <p>Mínimo: 0.0002</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Parrilla inferior: 	<p>Mínimo: 12 mm</p> <p>Calculado: 12 mm</p>	<p>Cumple</p>

Referencia: N22-N26		
Dimensiones: 260 x 260 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/18 Yi:Ø12c/18 Xs:Ø12c/18 Ys:Ø12c/18		
Comprobación	Valores	Estado
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 63 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 63 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 56 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 56 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 63 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 63 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 56 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 56 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 59.2 (norma EHE-98))		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.11		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.29		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 38.86 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 38.86 t		

Referencia: N23-N24-N25 Dimensiones: 240 x 240 x 55 Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - Tensión media en situaciones persistentes: - Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento: - Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 1.5 kp/cm ² Calculado: 0.418 kp/cm ² Máximo: 1.875 kp/cm ² Calculado: 0.502 kp/cm ² Máximo: 1.875 kp/cm ² Calculado: 0.836 kp/cm ²	Cumple Cumple Cumple
Vuelco de la zapata: <i>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.</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Reserva seguridad: 3161.2 % Reserva seguridad: 3.3 %	Cumple Cumple
Flexión en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Momento: 2.47 t·m Momento: 8.26 t·m	Cumple Cumple
Cortante en la zapata: - En dirección X: - En dirección Y:	Cortante: 2.52 t Cortante: 9.51 t	Cumple Cumple
Compresión oblicua en la zapata: - Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 509.68 t/m ² Calculado: 14.21 t/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 55 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N15:	Mínimo: 40 cm Calculado: 48 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i> - En dirección X: - En dirección Y:	Mínimo: 0.002 Calculado: 0.0021 Calculado: 0.0021	Cumple Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i> - Armado inferior dirección X: - Armado inferior dirección Y: - Armado superior dirección X: - Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0011 Mínimo: 0.0002 Mínimo: 0.0006 Mínimo: 0.0001 Mínimo: 0.0002	Cumple Cumple Cumple Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i> - Parrilla inferior:	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple

Referencia: N23-N24-N25		
Dimensiones: 240 x 240 x 55		
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 58 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 58 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 50 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 50 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 58 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 58 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 50 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 50 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 59.2 (norma EHE-98))		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.13		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.42		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 33.03 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 33.03 t		

Referencia: N27		
Dimensiones: 235 x 235 x 55		
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- Tensión media en situaciones persistentes:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:</p> <p>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:</p>	<p>Máximo: 1.5 kp/cm² Calculado: 0.181 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.205 kp/cm²</p> <p>Máximo: 1.875 kp/cm² Calculado: 0.383 kp/cm²</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Vuelco de la zapata: <i>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.</i></p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Reserva seguridad: 129.9 %</p> <p>Reserva seguridad: 30.5 %</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Flexión en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Momento: 1.83 t·m</p> <p>Momento: 2.47 t·m</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cortante en la zapata:</p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Cortante: 1.97 t</p> <p>Cortante: 2.72 t</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Compresión oblicua en la zapata:</p> <p>- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p>	<p>Máximo: 509.68 t/m² Calculado: 5.35 t/m²</p>	<p>Cumple</p>
<p>Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 (norma EHE-98)</i></p>	<p>Mínimo: 25 cm Calculado: 55 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Espacio para anclar arranques en cimentación:</p> <p>- N43:</p>	<p>Mínimo: 44 cm Calculado: 48 cm</p>	<p>Cumple</p>
<p>Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- En dirección X:</p> <p>- En dirección Y:</p>	<p>Mínimo: 0.002</p> <p>Calculado: 0.0021</p> <p>Calculado: 0.0021</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 (norma EHE-98)</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p>	<p>Mínimo: 0.0002</p> <p>Calculado: 0.0011</p> <p>Calculado: 0.0011</p> <p>Calculado: 0.0011</p> <p>Calculado: 0.0011</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i></p> <p>- Parrilla inferior:</p>	<p>Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm</p>	<p>Cumple</p>

Referencia: N27		
Dimensiones: 235 x 235 x 55		
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Recomendación del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 57 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 57 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 50 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 50 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 57 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 57 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 50 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 50 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 59.2 (norma EHE-98))		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.10		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.13		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 32.33 t		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 32.33 t		



ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA
INDUSTRIAL DE BILBAO



GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2014 / 2015

*PROYECTO BÁSICO Y DE EJECUCIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL
DESTINADA A LA FABRICACIÓN DE PUERTAS*

ANEXO E: MOMENTOS FLECTORES Y DEFORMACIONES

DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO

NOMBRE: PABLO

APELLIDOS: PEÑA DE LA FRAGUA

DNI: 78944574-H

FDO.:

FECHA: 12/06/2015

DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA

NOMBRE: IRANTZU

APELLIDOS: URIARTE GALLASTEGUI

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA

FDO.:

FECHA: 12/06/2015

MOMENTOS FLECTORES MÁXIMOS Y DEFORMACION MÁXIMA PARA EL PÓRTICO CENTRAL

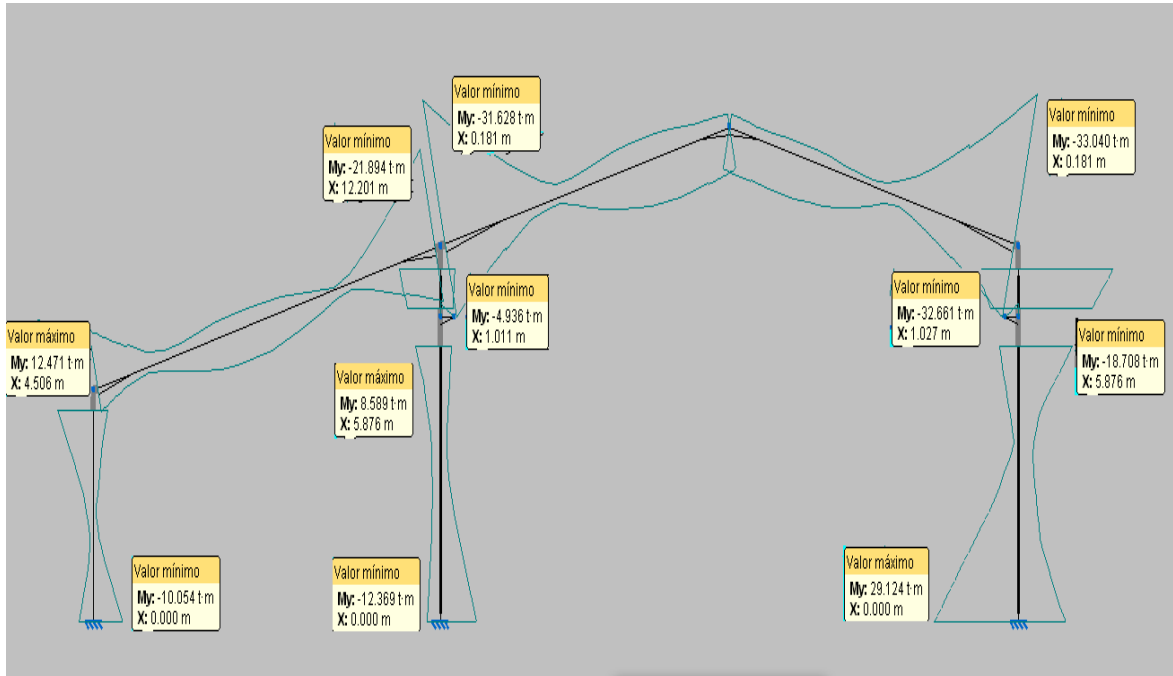


Figura de momentos M_y a través de cype

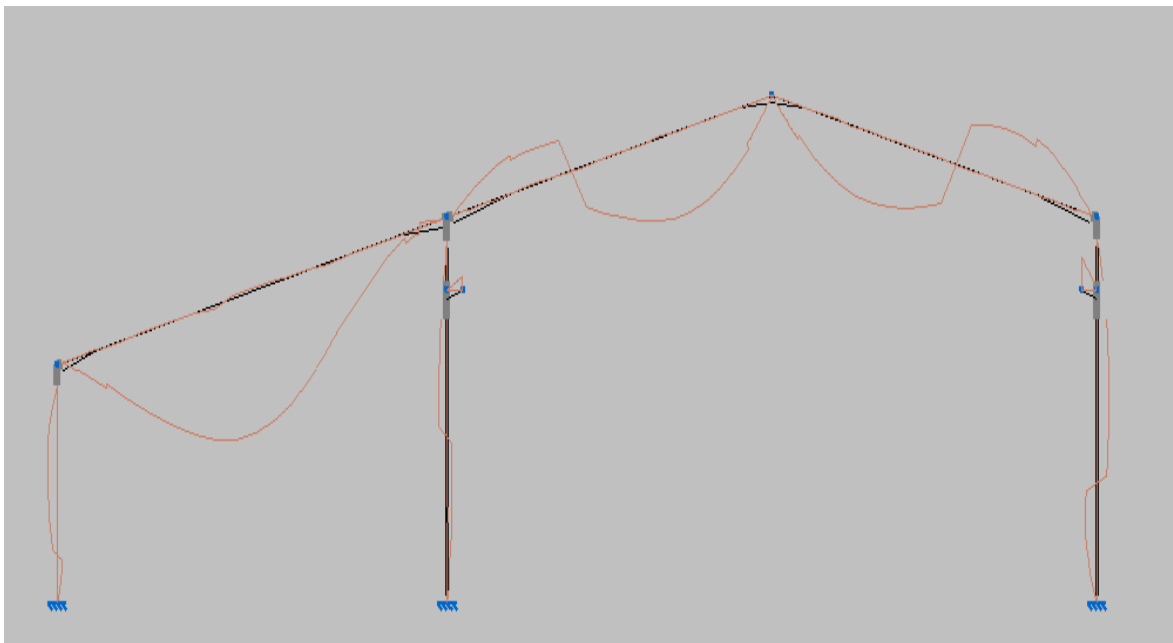


Figura de flecha máxima a través de cype

