

ANEJO 1

CÁLCULO ESTRUCTURAL

**Diseño y valoración económica de la cubierta
de la pista de fútbol sala del IES “Juan Carlos I” (Murcia)
Andrea López Tristante**

ÍNDICE

1. OBJETIVO.....	2
2. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	2
3. NORMATIVA EMPLEADA.....	3
4. CARACTERÍSTICAS DEL ACERO EMPLEADO EN BARRAS.....	3
5. PERFILES A UTILIZAR	3
6. ACCIONES.....	3
7. DESCRIPCIÓN DE LAS ACCIONES	4
7.1. PESO PROPIO	4
7.2. CARGAS MUERTAS	4
7.3. SOBRECARGA DE USO	4
7.4. NIEVE.....	4
7.5. VIENTO	4
7.6. SISMO.....	6
8. COMBINACIÓN DE ACCIONES	8
9. REACCIONES EN LOS NUDOS Y COMBINACIONES	10
10. LIMITACIÓN DE ESBELTEZ EN BARRAS	11
11. RESULTADOS	15
12. CIMENTACIÓN.....	15
12.1. DATOS DE LAS ZAPATAS N1 Y N3	15
12.2. ARMADO DE LA ZAPATA	16
12.3. UNIONES	18
12.3.1. Placas de anclaje	19
12.3.2. Pernos de anclaje	20
12.3.3. Soldadura	20

Por otro lado, la superficie total de policarbonato que conformará la cubierta será de 1006,02 m². Para ello, se emplearán 74 láminas de este material de dimensiones 11,31 × 1,2 m. El policarbonato Selectogal cuenta con un peso de 3000 g/ m² y cada lámina tendrá un espesor de 16 mm.

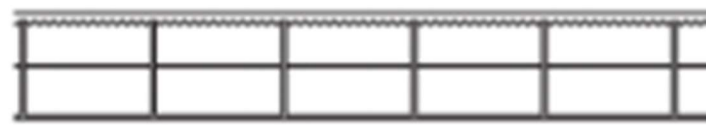


Figura 4. Estructura de una lámina de policarbonato Selectogal

3. NORMATIVA EMPLEADA

- Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08.
- Código Técnico de Edificación, concretamente el Documento Básico de Seguridad Estructural y Acciones en la Edificación (CTE DB SE-AE)
- Instrucción de acero estructural EAE
- Norma de construcción sismorresistente (NCSE-02)

4. CARACTERÍSTICAS DEL ACERO EMPLEADO EN BARRAS

Tipo	Acero laminado
Designación	S275
Módulo de elasticidad	$E = 210000 \text{ MPa}$
Módulo de Poisson	$\nu = 0,3$
Módulo de elasticidad transversal	$G = 81000 \text{ MPa}$
Límite elástico	$f_y = 275 \text{ MPa}$
Coefficiente de dilatación	$\alpha = 1,2 \times 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$
Peso específico	$\gamma = 77,01 \text{ kN/m}^3$

5. PERFILES A UTILIZAR

- Los pilares están formados por perfiles IPE360.
- Las cartelas están formadas por perfiles huecos de sección cuadrada SHS 80 × 4 mm.
- Los cordones superiores e inferiores de las cerchas están formados por perfiles huecos de sección rectangular RHS 140 × 60 × 5 mm.
- Los montantes y diagonales de las cerchas se componen de perfiles huecos de sección cuadrada SHS 50 × 3 mm.
- Para la cubierta se emplearán correas formadas por perfiles huecos de sección rectangular RHS 140 × 60 × 4 mm.

A continuación, se muestra un resumen de medición de los perfiles de un solo pórtico obtenido a partir del diseño en Cype 3D de nuestra estructura.

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Material (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)
Acero laminado	S275	IPE	IPE 360	13.400	13.400	103.131	0.097	0.097	0.202	764.73	764.73	1582.78
			RHS 140x60x5.0	40.616			0.074			584.77		
		RHS	SHS 50x5.0	3.202	40.616		0.003	0.074		20.97	584.77	
			SHS 50x3.0	42.378			0.023			179.73		
			SHS 80x4.0	3.536			0.004			32.58		
		SHS		49.116	0.030		233.28					

Figura 5. Resumen de medición de los perfiles empleados en un solo pórtico.

Acero laminado: Medición de las superficies a pintar				
Serie	Perfil	Superficie unitaria (m ² /m)	Longitud (m)	Superficie (m ²)
IPE	IPE 360	1.384	13.400	18.546
RHS	RHS 140x60x5.0	0.382	40.616	15.533
SHS	SHS 50x5.0	0.182	3.202	0.584
	SHS 50x3.0	0.189	42.378	8.028
	SHS 80x4.0	0.306	3.536	1.082
Total				43.773

Figura 6. Resumen de medición de superficie de los distintos perfiles que componen un único pórtico.

6. ACCIONES

- Permanentes.
 - Peso propio.
 - Cargas muertas.
- Variables.
 - Sobrecarga de uso.
 - Viento.
 - Nieve.
- Accidentales.
 - Sismo.

7. DESCRIPCIÓN DE LAS ACCIONES

7.1. PESO PROPIO

El peso propio será el correspondiente a la propia estructura. Ésta se realizará de acero con las siguientes características:

- Tipo: Acero laminado.
- Designación: S275
- Módulo de elasticidad $E = 210000 \text{ MPa}$
- Módulo de Poisson $\nu = 0,3$
- Módulo de elasticidad transversal $G = 81000 \text{ MPa}$
- Límite elástico $f_y = 275 \text{ MPa}$
- Coeficiente de dilatación $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- Peso específico $\gamma = 77.01 \text{ kN/m}^3$

7.2. CARGAS MUERTAS

Consideramos como cargas muertas aquellas que están de forma permanente en la estructura a lo largo del tiempo que ésta esté en funcionamiento. La carga muerta serán las láminas de policarbonato que ocuparán la parte superior de la cubierta. Estas láminas serán de tipo Selectogal con un espesor de 16 mm y un peso de $0,03 \text{ kN/m}^2$. Las cargas muertas son incluidas como peso propio.

7.3. SOBRECARGA DE USO

Según la normativa vigente se considera que para cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) accesibles únicamente para actividades de conservación, la sobrecarga de uso se estima en $0,4 \text{ kN/m}^2$.

7.4. NIEVE

Dado que la estructura no trata de una cubierta plana, para la determinación de la carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal se empleará la siguiente expresión:

$$q_n = \mu \times s_k \quad (3.2)$$

Siendo:

- μ coeficiente de forma de la cubierta (3.5.3). Para cubiertas con inclinación inferior al 30%, este valor es 1. $\mu = 1$.
- s_k valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal (3.5.2). Para las capitales de provincia y ciudades autónomas podemos recurrir a la tabla 3.8 y tomar que para la ciudad de Murcia, con una altura de 40 msnm, el valor es de 0,2. $s_k = 0,2$.

Por tanto, el valor de la carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal será:

$$q_n = 0,2 \text{ kN/m}^2$$

Este valor es necesario modificarlo de tal forma que la carga esté aplicada sobre la superficie de la cubierta y no es proyección horizontal. De esta manera, siendo más específico a la hora de aplicar las cargas, la anterior expresión se debe multiplicar por el coseno del ángulo del faldón. Según las disposiciones geométricas, la pendiente de la cubierta será del 25%, es decir, un ángulo de $14,036^\circ$.

$$\text{Carga de nieve sobre cubierta} = 0,2 \times \cos(14,036^\circ) = 0,194 \text{ kN/m}^2$$

7.5. VIENTO

La acción de viento es en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática, que puede expresarse como:

$$q_e = q_b \times c_e \times c_p \quad (\text{kN/m}^2)$$

Siendo:

- q_e = presión estática del viento en kN/m^2
- q_b = presión dinámica del viento en kN/m^2
- c_e = coeficiente de exposición adimensional (3.3.3)
- c_p = coeficiente de presión exterior adimensional (3.3.5)

Presión dinámica

El valor de la presión dinámica del viento puede obtenerse a partir de la expresión:

$$q_b = 0,5 \times \delta \times v_b^2$$

Siendo:

- δ la densidad del aire. Dado que el emplazamiento para la estructura no se encuentra junto al mar, podemos adoptar un valor de $1,25 \text{ kg/m}^3$
- v_b valor básico de la velocidad del viento que se puede obtener a partir del mapa que aparece a continuación



Figura 7. Valor básico de la velocidad del viento según la zona de España

Por tanto, según la zona de España en la que se encuentre la construcción, el valor de la presión dinámica varía. En Murcia este valor es $0,45 \text{ kN/m}^2$

Este valor puede modificarse, para la comprobación del Estado Límite de Servicio, aplicando el coeficiente de la tabla D.1 en función del periodo de retorno considerado. Para esa variable se toma un tiempo igual al periodo de servicio con el que se proyecta el edificio. Considerando un periodo de servicio de 50 años, el coeficiente corrector sería 1, por lo que el valor de la presión dinámica no cambiaría.

Coeficiente de exposición

En el caso de que la estructura tenga una altura sobre el terreno inferior a 200 m, este coeficiente podrá calcularse a partir de la expresión:

$$c_e = F \times (F + 7k) \quad (\text{D.2})$$

$$F = k \times \ln \left(\frac{\max(z, Z)}{L} \right) \quad (\text{D.3})$$

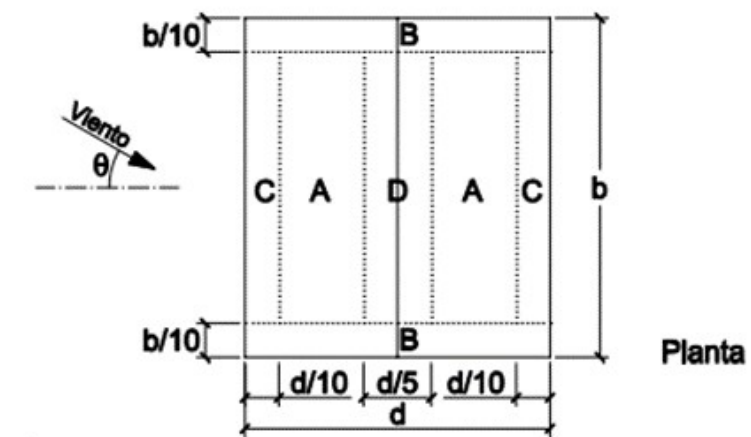
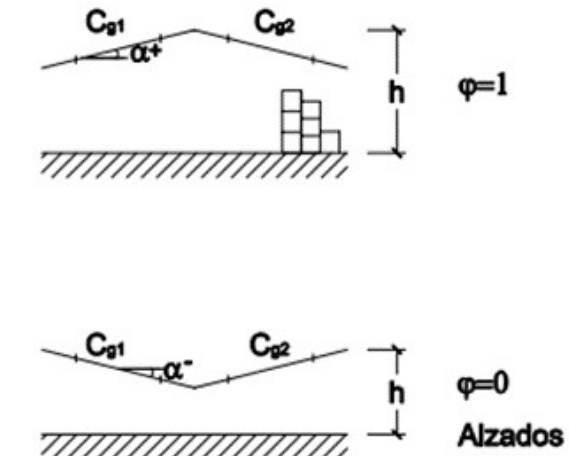
Por tanto,

$$c_e = 0,7482 \times (0,7482 + 7 \times 0,22) = 1,71$$

$$F = 0,22 \times \ln \left(\frac{9}{0,3} \right) = 0,748$$

Coeficiente de presión exterior

El coeficiente de presión exterior lo tomaremos del Anejo D.11 del CTE, el cual hace referencia a una marquesina a dos aguas.



	X	Y
A	2	32
B	20	4
C	6	32
D	4	32

Pendiente de la cubierta α	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción ϕ	Coeficientes de presión			
			$C_{pe,10}$			
			Zona (según figura)			
			A	B	C	D
-20°	Abajo	$0 \leq \phi \leq 1$	0,8	1,6	0,6	1,7
	Arriba	0	-0,9	-1,3	-1,6	-0,6
	Arriba	1	-1,5	-2,4	-2,4	-0,6
-15°	Abajo	$0 \leq \phi \leq 1$	0,6	1,5	0,7	1,4
	Arriba	0	-0,8	-1,3	-1,6	-0,6
	Arriba	1	-1,6	-2,7	-2,6	-0,6
-10°	Abajo	$0 \leq \phi \leq 1$	0,6	1,4	0,8	1,1
	Arriba	0	-0,8	-1,3	-1,5	-0,6
	Arriba	1	-1,6	-2,7	-2,6	-0,6
-5°	Abajo	$0 \leq \phi \leq 1$	0,5	1,5	0,8	0,8
	Arriba	0	-0,7	-1,3	-1,6	-0,6
	Arriba	1	-1,5	-2,4	-2,4	-0,6
5°	Abajo	$0 \leq \phi \leq 1$	0,6	1,8	1,3	0,4
	Arriba	0	-0,6	-1,4	-1,4	-1,1
	Arriba	1	-1,3	-2,0	-1,8	-1,5
10°	Abajo	$0 \leq \phi \leq 1$	0,7	1,8	1,4	0,4
	Arriba	0	-0,7	-1,5	-1,4	-1,4
	Arriba	1	-1,3	-2,0	-1,8	-1,8
15°	Abajo	$0 \leq \phi \leq 1$	0,9	1,9	1,4	0,4
	Arriba	0	-0,9	-1,7	-1,4	-1,8
	Arriba	1	-1,3	-2,2	-1,6	-2,1
20°	Abajo	$0 \leq \phi \leq 1$	1,1	1,9	1,5	0,4
	Arriba	0	-1,2	-1,8	-1,4	-2,0
	Arriba	1	-1,4	-2,2	-1,6	-2,1
25°	Abajo	$0 \leq \phi \leq 1$	1,2	1,9	1,6	0,5
	Arriba	0	-1,4	-1,9	-1,4	-2,0
	Arriba	1	-1,4	-2,0	-1,5	-2,0
30°	Abajo	$0 \leq \phi \leq 1$	1,3	1,9	1,6	0,7
	Arriba	0	-1,4	-1,9	-1,4	-2,0
	Arriba	1	-1,4	-1,8	-1,4	-2,0

Figuras 8 y 9. Coeficiente de presión según la zona de cubierta

Dado que la pendiente de la cubierta tiene una inclinación de 14,036°, tomaremos la fila correspondiente a $\alpha = 15^\circ$. Finalmente, una vez obtenidos los datos de presión dinámica, coeficiente de exposición y coeficiente de presión para las distintas zonas, los valores de presión estática q_e (kN/m²) serán:

	A	B	C	D
Presión	0,6926	1,4620	1,0773	0,3078
Succión	-0,6926	-1,3082	-1,0773	-1,3851

7.6. SISMO

El emplazamiento de la estructura se sitúa en la ciudad de Murcia, la cual según el mapa de peligrosidad sísmica que se puede encontrar en el NCSE-02 se ve afectada por una aceleración básica a_b comprendida entre $0,08g < a_b < 0,16g$. Por tanto, será necesario la aplicación de la normativa de Construcción Sismorresistente (NCSE-02) y el análisis de los resultados del sismo se ha realizado con el programa *Cype 3D* a través de espectros de respuesta (NCESE-02, 3.6.2). Un espectro de respuesta es un valor empleado en los cálculos de ingeniería sísmica, que mide la reacción de una estructura ante la vibración del suelo que la soporta. Los resultados obtenidos formarán parte de los datos de partida para el diseño de cimentaciones.

Espectro elástico de aceleraciones

El espectro elástico de respuesta muestra la aceleración máxima absoluta de vibración de la estructura. Diversos estudios han demostrado que el espectro depende fundamentalmente de dos factores: la aceleración de la vibración a la que se somete la base y el periodo de oscilación de la estructura.

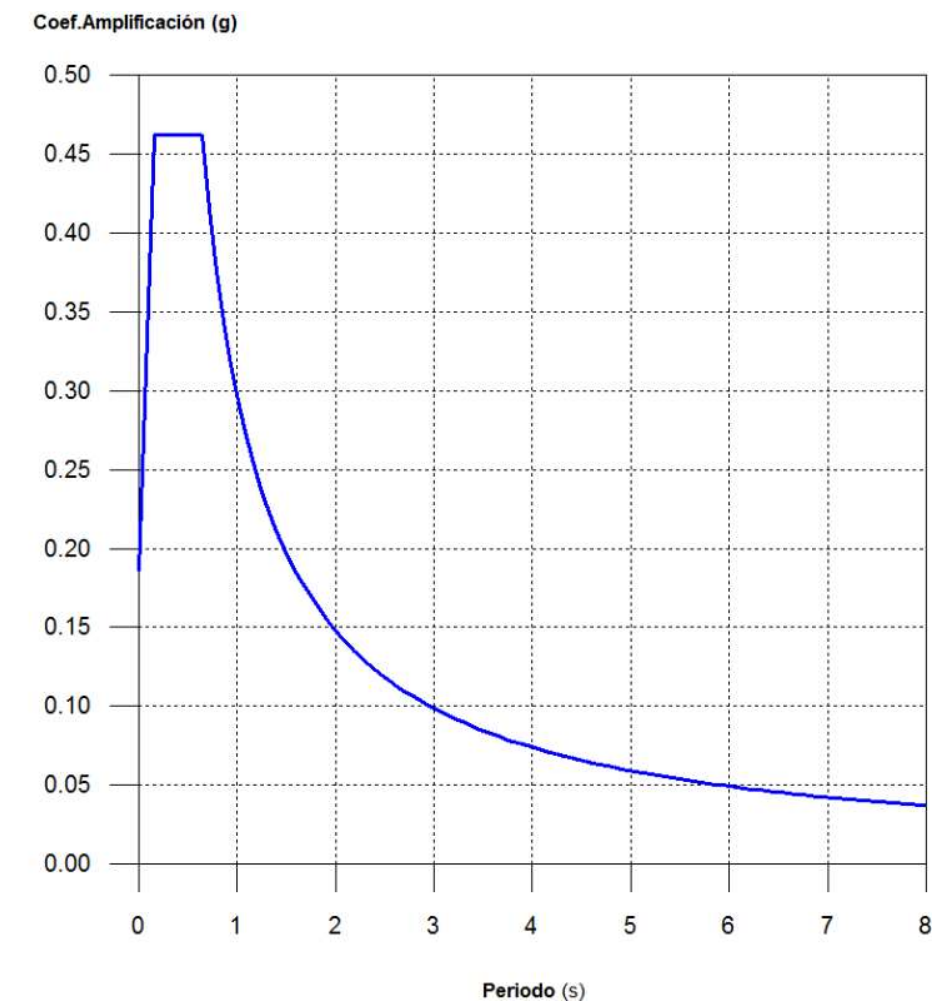


Figura 10. Espectro elástico de aceleraciones.

Coefficiente de amplificación:

$$S_{ae} = a_c \times \alpha(T)$$

Donde:

$$\alpha(T) = 1 + (2,5 \times \nu - 1) \times \frac{T}{T_a}$$

$$\alpha(T) = 2,5 \times \nu$$

$$\alpha(T) = \frac{K \times C}{T} \times \nu$$

$$T < T_a$$

$$T_A \leq T \leq T_B$$

$$T > T_B$$

Los parámetros necesarios para la definición de este espectro son:

a_c Aceleración sísmica de cálculo (NCSE-02, 2.2)

$$a_c = 0,185 \text{ g}$$

$$a_c = S \times \rho \times a_b$$

a_b Aceleración básica (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1)

$$a_b = 0,15 \text{ g}$$

ρ Coeficiente adimensional de riesgo

$$\rho = 1$$

Tipo de construcción: Construcción de importancia normal

Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4)

$$C = 1,6$$

Tipo de suelo (NCSE-02, 2.4): Tipo III

S Coeficiente de amplificación del terreno (NCSE-02, 2.2)

$$S = 1,23$$

$$S = \frac{C}{1,25}$$

$$\rho \times \leq 0,1 \text{ g}$$

$$S = \frac{c}{1,25} + 3,33 \times \left(\rho \times \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \times \left(1 - \frac{C}{1,25} \right) \quad 0,1 \text{ g} < \rho \times a_b < 0,4 \text{ g}$$

$$S = 1$$

$$0,4 \text{ g} \leq \rho \times a_b$$

ν Coeficiente dependiente del amortiguamiento (NCSE-02, 2.5)

$$\nu = 1$$

$$\nu = \left(\frac{5}{\Omega} \right)^{0,4}$$

Ω Amortiguamiento (NCSE-02, Tabla 3.1)

$$\Omega = 5 \%$$

T_A Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3)

$$T_a = 0,16 \text{ s}$$

$$T_a = \frac{K \times C}{10}$$

T_A Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3)

$$T_b = 0,64 \text{ s}$$

$$T_b = \frac{K \times C}{2,5}$$

K Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1)

$$K = 1$$

Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4)

$$C = 1,6$$

Espectro de diseño de aceleraciones.

El espectro de diseño sísmico se obtiene reduciendo el espectro elástico por el coeficiente μ correspondiente a cada dirección de análisis.

$$S_a = a_c \times \left(1 + \left(2,5 \times \frac{\nu}{\mu} - 1 \right) \times \frac{T}{T_A} \right)$$

$$T < T_a$$

$$S_a = a_c \times 2,5 \times \frac{\nu}{\mu}$$

$$T_A \leq T \leq T_B$$

$$S_a = a_c \times \frac{K \times C}{T} \times \frac{\nu}{\mu}$$

$$T > T_B$$

β Coeficiente de respuesta

$$\beta = 0,5$$

$$\beta = \frac{\nu}{\mu}$$

ν Coeficiente dependiente del amortiguamiento (NCSE-02, 2.5)

$$\nu = 1$$

μ Coeficiente de comportamiento por ductilidad (NCSE-02, 3.7.3.1)

$$\mu = 2$$

Ductilidad (NCSE-02, Tabla 3.1): Ductilidad baja

K Coeficiente de contribución (NCSE-02, 2.1 y Anejo 1)

$$K = 1$$

C Coeficiente del terreno (NCSE-02, 2.4)

$$C = 1,6$$

T_A Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3)

$$T_a = 0,16 \text{ s}$$

T_B Periodo característico del espectro (NCSE-02, 2.3)

$$T_b = 0,64 \text{ s}$$

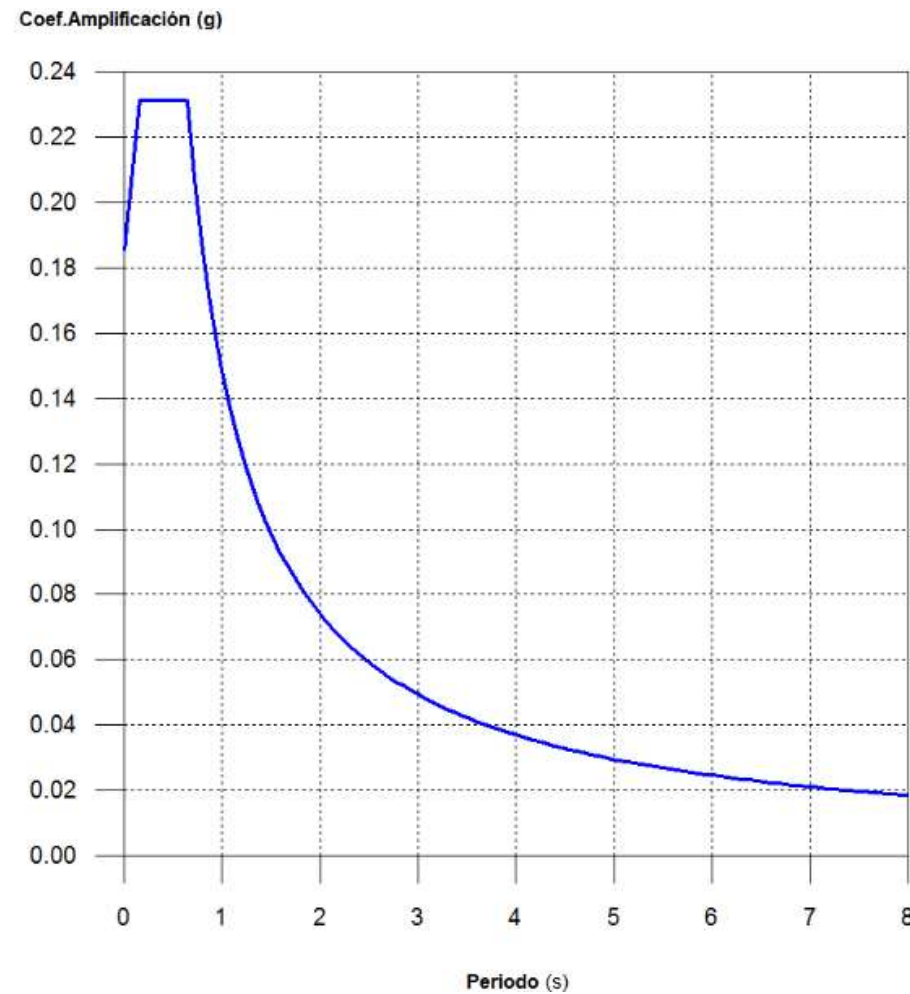


Figura 11. Espectro de diseño de aceleraciones

8. COMBINACIÓN DE ACCIONES

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

- Situaciones persistentes o transitorias con coeficientes de combinación:

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

- Situaciones sísmicas con coeficiente de combinación:

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

G_K Acción permanente

P_K Acción del pretensado

Q_K Acción variables

A_E Acción sísmica

γ_G Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

γ_P Coeficiente parcial de seguridad de la acción del pretensado

$\gamma_{Q,1}$ Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal.

$\gamma_{Q,i}$ Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento.

γ_{AE} Coeficiente parcial de seguridad de la acción sísmica.

$\psi_{p,1}$ Coeficiente de combinación de la acción variable principal.

$\psi_{a,i}$ Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento.

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

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

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.600	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.600	1.000	0.500

Persistente o transitoria (G1)				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.600	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.600	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.600	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.600	0.000	0.000

Sísmica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sismo (E)	-1.000	1.000	1.000	0.300 ⁽¹⁾

E.L.S. Fisuración. Hormigón en cimentaciones (EHE-08)

Cuasipermanente				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000

E.L.U. de rotura. Acero Laminado (CTE DB SE-A)

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	1.000	0.600
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

Persistente o transitoria (G1)				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	0.800	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.500	0.000	0.000

Sísmica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Sismo (E)	-1.000	1.000	1.000	0.300 ⁽¹⁾

Tensiones sobre el terreno

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

Característica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Viento (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000	1.000	1.000

Sísmica				
	Coeficientes parciales de seguridad (γ)		Coeficientes de combinación (ψ)	
	Favorable	Desfavorable	Principal (ψ_p)	Acompañamiento (ψ_a)
Carga permanente (G)	1.000	1.000	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	0.000	0.000
Viento (Q)				
Nieve (Q)				
Sismo (E)	-1.000	1.000	1.000	0.000

Los nombres de las hipótesis de carga son:

- PP Peso propio
- Q Sobrecarga de uso
- V H1 Hipótesis de viento
- V H2 Hipótesis de viento.
- V H3 Hipótesis de viento
- V H4 Hipótesis de viento
- V H5 Hipótesis de viento
- V H6 Hipótesis de viento
- N (EI) Nieve (estado inicial)
- N (R) 1 Nieve (redistribución) 1
- N (R) 2 Nieve (redistribución) 2
- SX Sismo X
- SY Sismo Y

9. REACCIONES EN LOS NUDOS Y COMBINACIONES

Las reacciones en los nudos tomando como referencia las zapatas N1 y N2 son las siguientes:

Referencia	Descripción	R _X (kN)	R _Y (kN)	R _Z (kN)	M _X (kNm)	M _Y (kNm)	M _Z (kNm)
N1	Peso propio	0	2,846	13,87	-6,65	0	0
	Q	0	5,787	20,616	-13,52	0	0
	V H1	0	12,818	12,438	-46,47	0	0
	V H2	0	0,547	34,098	16,91	0	0
	V H3	0	12,729	46,536	-29,57	0	0
	V H4	0	-12,513	-13,634	47,2	0	0
	V H5	0	-0,64	-33,86	-16,56	0	0
	V H6	0	-13,153	-47,494	30,63	0	0
	N (EI)	0	2,807	10	-6,56	0	0
	N (R) 1	0	2,105	6,184	-5,58	0	0
	N (R) 2	0	2,105	8,816	-4,26	0	0
	Sismo X: Modo 1	-0,671	0	0	0	-5,41	0,11
	Sismo X: Modo 2	0	0	0	0	0	0
	Sismo X: Modo 3	0	0	0	0	0	0
	Sismo X: Modo 4	0	0	0	0	0	0
	Sismo X: Modo 5	0	0	0	0	0	0
	Sismo X: Modo 6	-0,629	0	0	0	-3,65	-0,01
	Sismo Y: Modo 1	0	0	0	0	0	0
	Sismo Y: Modo 2	0	-5,619	-1,837	24,64	0	0
	Sismo Y: Modo 3	0	0	0	0	0	0
	Sismo Y: Modo 4	0	0	0	0	0	0
	Sismo Y: Modo 5	0	0,092	0,062	-0,21	0	0
	Sismo Y: Modo 6	0	0	0	0	0	0

Referencia	Descripción	R _X (kN)	R _Y (kN)	R _Z (kN)	M _X (kNm)	M _Y (kNm)	M _Z (kNm)
N3	Peso propio	0	-2,846	13,87	6,65	0	0
	Q	0	-5,787	20,616	13,52	0	0
	V H1	0	-0,547	34,098	-16,91	0	0
	V H2	0	-12,181	12,438	46,47	0	0
	V H3	0	-12,729	46,536	29,57	0	0
	V H4	0	0,64	-33,86	16,56	0	0
	V H5	0	12,513	-13,634	-47,20	0	0
	V H6	0	13,153	-47,494	-30,63	0	0
	N (EI)	0	-2,807	10	6,56	0	0
	N (R) 1	0	-2,105	8,816	4,26	0	0
	N (R) 2	0	-2,105	6,184	5,58	0	0
	Sismo X: Modo 1	-0,671	0	0	0	-5,41	-0,11
	Sismo X: Modo 2	0	0	0	0	0	0
	Sismo X: Modo 3	0	0	0	0	0	0
	Sismo X: Modo 4	0	0	0	0	0	0
	Sismo X: Modo 5	0	0	0	0	0	0
	Sismo X: Modo 6	-0,629	0	0	0	-3,65	0,01
	Sismo Y: Modo 1	0	0	0	0	0	0
	Sismo Y: Modo 2	0	-5,619	1,837	24,64	0	0
	Sismo Y: Modo 3	0	0	0	0	0	0
	Sismo Y: Modo 4	0	0	0	0	0	0
	Sismo Y: Modo 5	0	0,092	-0,062	-0,21	0	0
	Sismo Y: Modo 6	0	0	0	0	0	0

Para la combinación de hipótesis se considerarán las fuerzas con idéntica dirección que la fuerza de la gravedad (R_z) y su momento concomitante. De entre todas las hipótesis de viento, nieve y sismo tomaremos la que produzcan una mayor reacción en los nudos por combinación, de cada una de ellas.

Referencia	Descripción	R_z (kN)	M_x (kNm)
N1	Peso propio	13,87	-6,65
	Q	20,616	-13,52
	V H3	46,536	-29,57
	N (EI)	10	-6,56
	Sismo Y: Modo 2	-1,837	24,64
	Sismo X:	0	0
N3	Peso propio	13,87	6,65
	Q	20,616	13,52
	V H3	46,536	29,57
	N (EI)	10	6,56
	Sismo Y: Modo 2	1,837	24,64
	Sismo X	0	0

Si tomamos como referencia la zapata N1 escogeremos las siguientes reacciones en nudos por combinación:

Tipo	Descripción	R_z (kN)	M_x (kNm)
Hormigón en cimentaciones	$1,6 PP + 1,6 VH3 + 0,8N(EI)$	104,65	-63,19
	$1,6 PP + 1,6Q$	55,178	-32,26
	$PP \pm 0,3 SX - SY$	15,709	-6,65

Tipo	Descripción	R_z (kN)	M_x (kNm)
Tensiones sobre el terreno	$PP + Q + VH3 + N(EI)$	91,022	-56,29
	$PP - SY$	15,709	-6,65

Si tomamos como referencia la zapata N3 escogeremos las siguientes reacciones en nudos por combinación:

Tipo	Descripción	R_z (kN)	M_x (kNm)
Hormigón en cimentaciones	$1,6 PP + 1,6 VH3 + 0,8N(EI)$	104,65	63,19
	$1,6 PP + 1,6Q$	55,178	32,26
	$PP \pm 0,3 SX + SY$	15,709	31,29

Tipo	Descripción	R_z (kN)	M_x (kNm)
Tensiones sobre el terreno	$PP + Q + VH3 + N(EI)$	91,022	56,29
	$PP + SY$	15,709	31,29

10. LIMITACIÓN DE ESBELTEZ EN BARRAS

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr}}} < 2$$

CTE DB SE-A, 6.3.1 y 6.3.2.1.

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 es el menor valor obtenido entre $N_{cr,y}$, $N_{cr,z}$, $N_{cr,T}$

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

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

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

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

➤ Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} = \frac{1}{I_0^2} \times \left(G \times I_t + \frac{\pi^2 \times E \times I_w}{L_{kt}^2} \right)$$

- I_y Momento de inercia del sección bruta, respecto al eje Y
 I_z Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.
 I_t Momento de inercia de 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_0 Radio de giro polar de la sección bruta respecto al centro de torsión.

$$i_0 = (i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0,5}$$

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.

Vamos a mostrar ahora la comprobación de esbeltez de las barras de cada parte de los pórticos con un mayor nivel de aprovechamiento.

Barra unión base- cartela	$\lambda = 1,66$ Cumples
Clase	3
A	$72,7 \text{ cm}^2$
f_y	275 MPa
N_{cr}	$727,8 \text{ kN}$
$N_{cr, y}$	$11353,08 \text{ kN}$
$N_{cr, z}$	$727,8 \text{ kN}$
$N_{cr, T}$	$2188,75 \text{ kN}$
I_y	16270 cm^4
I_z	1043 cm^4
I_t	$37,3 \text{ cm}^4$
I_w	314000 cm^6
E	210000 MPa
G	81000 MPa

Barra unión base- cartela	$\lambda = 1,66$ Cumples
L_{ky}	$5,45 \text{ m}$
L_{kz}	$5,45 \text{ m}$
L_{kt}	$5,45 \text{ m}$
i_0	$15,43 \text{ cm}$
i_y	$14,96 \text{ cm}$
i_z	$3,79 \text{ cm}$
y_0	0
z_0	0

Cartela	$\lambda = 0,66$ Cumples
Clase	1
A	$11,74 \text{ cm}^2$
f_y	275 MPa
N_{cr}	$733,74 \text{ kN}$
$N_{cr, y}$	$733,74 \text{ kN}$
$N_{cr, z}$	$733,74 \text{ kN}$
$N_{cr, T}$	infinito
I_y	$110,63 \text{ cm}^4$
I_z	$110,63 \text{ cm}^4$
I_t	$180,25 \text{ cm}^4$
I_w	0
E	210000 MPa
G	81000 MPa
L_{ky}	$1,768 \text{ m}$
L_{kz}	$1,768 \text{ m}$
L_{kt}	0
i_0	$4,34 \text{ cm}$
i_y	$3,07 \text{ cm}$
i_z	$3,07 \text{ cm}$

Cartela	$\lambda = 0,66$ Cumple
y_0	0
z_0	0

Barra unión cartela- cercha	$\lambda = 0,38$ Cumple
Clase	3
A	$72,7 \text{ cm}^2$
f_y	275 MPa
N_{cr}	$13835,13 \text{ kN}$
$N_{cr, y}$	$215817,46 \text{ kN}$
$N_{cr, z}$	$13835,13 \text{ kN}$
$N_{cr, T}$	$18758,73 \text{ kN}$
I_y	16270 cm^4
I_z	1043 cm^4
I_t	$37,3 \text{ cm}^4$
I_w	314000 cm^6
E	210000 MPa
G	81000 MPa
L_{ky}	$1,25 \text{ m}$
L_{kz}	$1,25 \text{ m}$
L_{kt}	$1,25 \text{ m}$
i_0	$15,43 \text{ cm}$
i_y	$14,96 \text{ cm}$
i_z	$3,79 \text{ cm}$
y_0	0
z_0	0

Barra cordón inferior cercha	$\lambda = 1,6$ Cumple
Clase	1
A	$18,34 \text{ cm}^2$
f_y	275 MPa
N_{cr}	$195,96 \text{ kN}$
$N_{cr, y}$	$195,96 \text{ kN}$
$N_{cr, z}$	$1465,79 \text{ kN}$
$N_{cr, T}$	infinito
I_y	$424,41 \text{ cm}^4$
I_z	$110,5 \text{ cm}^4$
I_t	$297,47 \text{ cm}^4$
I_w	0
E	210000 MPa
G	81000 MPa
L_{ky}	$6,7 \text{ m}$
L_{kz}	$1,25 \text{ m}$
L_{kt}	0
i_0	$5,4 \text{ cm}$
i_y	$4,81 \text{ cm}$
i_z	$2,45 \text{ cm}$
y_0	0
z_0	0

Barra diagonal cercha	$\lambda = 1,53$ Cumple
Clase	1
A	$5,4 \text{ cm}^2$
f_y	275 MPa
N_{cr}	$63,23 \text{ kN}$
$N_{cr, y}$	$98,8 \text{ kN}$
$N_{cr, z}$	$63,23 \text{ kN}$

Barra diagonal cercha	$\lambda = 1,53$ Cumple
$N_{cr, T}$	infinito
I_y	$19,37 \text{ cm}^4$
I_z	$19,37 \text{ cm}^4$
I_t	$32,08 \text{ cm}^4$
I_w	0
E	210000 MPa
G	81000 MPa
L_{ky}	2,016 m
L_{kz}	2,519 m
L_{kt}	0
i_0	2,68 cm
i_y	1,89 cm
i_z	1,89 cm
y_0	0
z_0	0

Barra montante cercha	$\lambda = 0,2$ Cumple
Clase	1
A	$8,34 \text{ cm}^2$
f_y	275 MPa
N_{cr}	5657,53 kN
$N_{cr, y}$	8839,9 kN
$N_{cr, z}$	5657,53 kN
$N_{cr, T}$	infinito
I_y	$26,66 \text{ cm}^4$
I_z	$26,66 \text{ cm}^4$
I_t	$47,15 \text{ cm}^4$
I_w	0

Barra montante cercha	$\lambda = 0,2$ Cumple
E	210000 MPa
G	81000 MPa
L_{ky}	0,25 m
L_{kz}	0,313 m
L_{kt}	0
i_0	2,53 cm
i_y	1,79 cm
i_z	1,79 cm
y_0	0
z_0	0

Barra montante central	$\lambda = 1,52$ Cumple
Clase	1
A	$5,4 \text{ cm}^2$
f_y	275 MPa
N_{cr}	64,22 kN
$N_{cr, y}$	100,35 kN
$N_{cr, z}$	64,22 kN
$N_{cr, T}$	infinito
I_y	$19,37 \text{ cm}^4$
I_z	$19,37 \text{ cm}^4$
I_t	$32,08 \text{ cm}^4$
I_w	0
E	210000 MPa
G	81000 MPa
L_{ky}	2 m
L_{kz}	2,5 m
L_{kt}	0
i_0	2,68 cm

Barra montante central	$\lambda = 1,52$ Cumple
i_y	1,89 cm
i_z	1,89 cm
y_0	0
z_0	0

11. RESULTADOS

Tras estudiar la lista de comprobaciones en E.L.U. se puede verificar que todas las barras que componen el pórtico estudiado y, por tanto, que se repiten a lo largo de la estructura cumplen con las condiciones con un aprovechamiento inferior al 100%. Del conjunto de barras, son dos de las diagonales de la cercha las que se encuentran trabajando con un nivel de aprovechamiento más alto, alcanzando éstas un 92,7%. El resto trabajan con un nivel de aprovechamiento más bajo. A continuación, se muestran de cada tipo de barra que compone la estructura cuál de ellas (con su simétrica) trabajan a un nivel de aprovechamiento más alto:

- Como se ha indicado, anteriormente, las barras con nivel de aprovechamiento más alto son dos diagonales de la cercha situada entre los nudos N20/N19 y N20/N31, ambas con longitud de 2,52 m.
- De las barras que componen el cordón superior de la cercha y que poseen una longitud de 1,25 m, son las comprendidas entre los nudos N6/N8 y N23/N21 las que trabajan al 83,9%.
- De las barras que componen el cordón inferior de la cercha y que poseen una longitud de 1,29 m, son las comprendidas entre los nudos N7/N9 y N22/N24 las que trabajan al 56,9%.
- En cuanto a los pilares, ambos trabajan con un nivel de aprovechamiento del 76,6%.
- En cuanto a las cartelas que unen la cercha con los pilares, ambas trabajan al 62,3%.
- Y, por último, como dato añadido la barra central de la cercha comprendida entre los nudos N20/N5 trabaja al 81,2%.

En los apéndices del presente anejo se muestra un cuadro resumen de los resultados de las comprobaciones en E.L.U. de todas las barras que componen un pórtico.

12. CIMENTACIÓN

La cimentación de la estructura se realizará a partir de zapatas rígidas encargadas de transmitir al terreno las cargas propias de la estructura sin exceder la tensión admisible del mismo. Los datos de partida son lo que aparecen en el apartado anterior 7.6 *Sismo*. Todas las zapatas están cimentadas a 2,5 m de profundidad tomando como punto de referencia la cota de la superficie de la pista de fútbol.

12.1. DATOS DE LAS ZAPATAS N1 Y N3

El tipo de hormigón empleado en la cimentación es: HA-25/ B/ IIa

Densidad del hormigón 2500 kg/ m³

El tipo de armado empleado es armadura pasiva con designación: B 500 SD

Peso específico del acero 77,01 kN/ m³

El coeficiente de seguridad de los materiales de la cimentación es:

Hormigón	$\gamma_c = 1,5$
Acero	$\gamma_s = 1,15$

La cimentación de cada uno de los pilares que conforma la estructura presenta las siguientes características:

B ancho (menor dimensión)	150 cm
L largo (mayor dimensión)	290 cm
Canto	100 cm

Geometría	
Ancho inicial X	75 cm
Ancho inicial Y	145 cm
Ancho final X	75 cm
Ancho final Y	145 cm
Ancho zapata X	150 cm
Ancho zapata Y	290 cm
Canto	100 cm

Se trata de una cimentación superficial o directa (zapatas) ya que se cumple que:

$$D < 5B$$

$$2,5 < 5 \times 1,5 = 7,5$$

Todas las zapatas que soportan la estructura son zapatas rectangulares excéntricas.

Todas las zapatas que conforman la cimentación de la estructura son zapatas rígidas ya que cumplen la relación:

$$\frac{vuelo}{canto} < 2;$$

$$\frac{127}{100} = 1,27 < 2$$

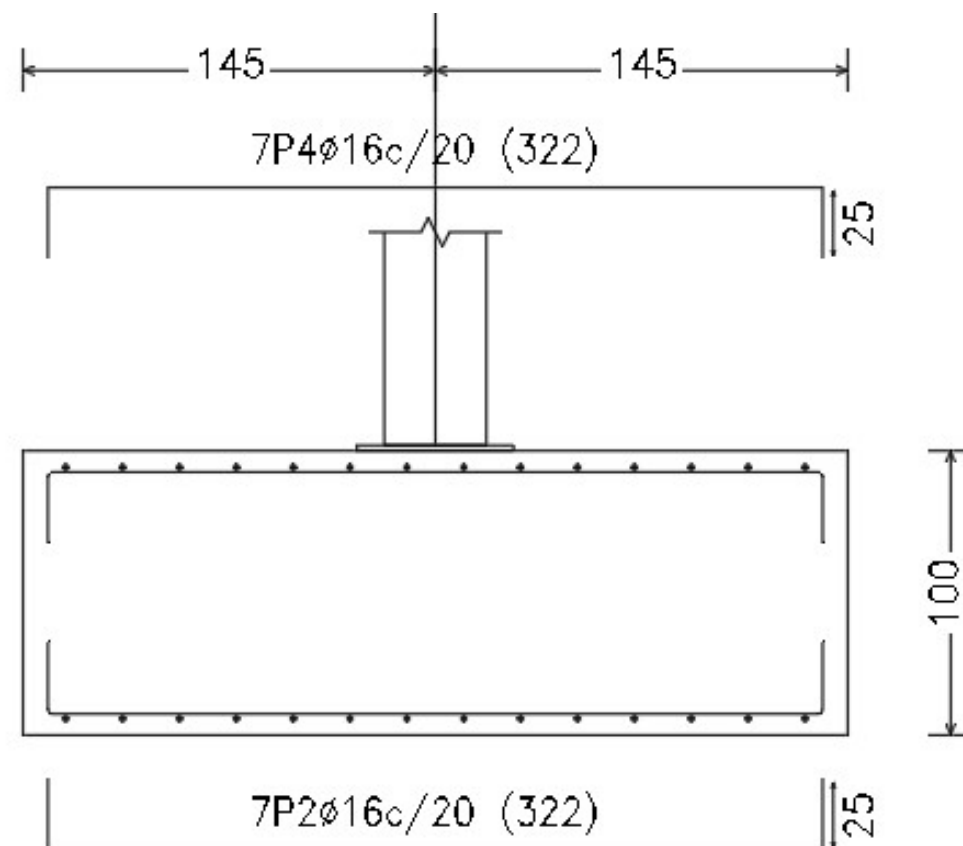


Figura 12. Vista lateral de una de las zapatas que compone la cimentación de la cubierta

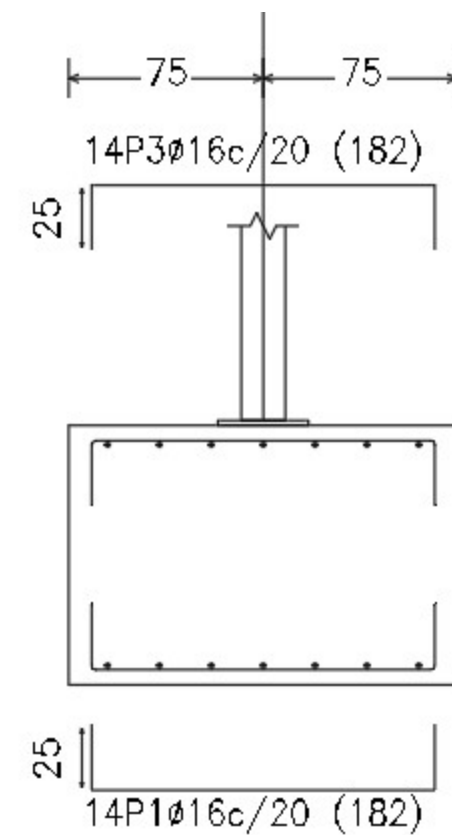


Figura 13. Vista lateral de una de las zapatas que compone la cimentación de la cubierta

12.2. ARMADO DE LA ZAPATA

Tanto en el armado superior como en el inferior en X emplearemos 14 barras de 16 mm de diámetro con una separación entre barras de 20 cm.

Tanto en el armado superior como en el inferior en Y emplearemos 7 barras de 16 mm de diámetro con una separación entre barras de 20 cm

Armado	
Superior X	14Ø16/20
Superior Y	7Ø16/20
Inferior X	14Ø16/20
Inferior Y	7Ø16/20

La longitud y peso de los armados que componen cada una de las zapatas es:

			Total
Parrilla inferior-Armado X	Longitud (m)	14 × 1,82	25,48
	Peso (kg)	14 × 2,87	40,22
Parrilla inferior-Armado Y	Longitud (m)	7 × 3,22	22,54
	Peso (kg)	7 × 5,08	35,58
Parrilla superior-Armado X	Longitud (m)	14 × 1,82	25,48
	Peso (kg)	14 × 2,87	40,22
Parrilla superior-Armado Y	Longitud (m)	7 × 3,22	22,54
	Peso (kg)	7 × 5,08	35,58
Totales	Longitud (m)	96,04	
	Peso (kg)	151,6	
Total con mermas (10%)	Longitud (m)	105,64	
	Peso (kg)	166,76	

Resumen de medición			
Elemento	B 500 SD, $\gamma_s = 1,15$ (kg)	Hormigón (m³)	
	Ø16	HA-25, $\gamma_c = 1,5$	Limpieza
Referencias: N3 Y N1	2 × 166,76	2 × 4,35	2 × 0,43
Totales	333,52	8,70	0,87

Longitud del anclaje		
Armado inf. Dirección X hacia derecha	Mínimo: 19 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Armado inf. Dirección X hacia izquierda	Mínimo: 19 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Armado inf. Dirección Y hacia arriba	Mínimo: 19 cm Calculado: 58 cm	Cumple
Armado inf. Dirección Y hacia abajo	Mínimo: 19 cm	Cumple

Longitud del anclaje		
	Calculado: 58 cm	
Armado sup. Dirección X hacia derecha	Mínimo: 24 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Armado sup. Dirección X hacia izquierda	Mínimo: 24 cm Calculado: 25 cm	Cumple
Armado sup. Dirección Y hacia arriba	Mínimo: 24 cm Calculado: 58 cm	Cumple
Armado sup. Dirección Y hacia abajo	Mínimo: 24 cm Calculado: 58 cm	Cumple

Longitud mínima de las patillas		
	Mínimo: 16 cm	
Armado inf. Dirección X hacia derecha	Calculado: 25 cm	Cumple
Armado inf. Dirección X hacia izquierda	Calculado: 25 cm	Cumple
Armado inf. Dirección Y hacia arriba	Calculado: 25 cm	Cumple
Armado inf. Dirección Y hacia abajo	Calculado: 25 cm	Cumple
Armado sup. Dirección X hacia derecha	Calculado: 25 cm	Cumple
Armado sup. Dirección X hacia izquierda	Calculado: 25 cm	Cumple
Armado sup. Dirección Y hacia arriba	Calculado: 25 cm	Cumple
Armado sup. Dirección Y hacia abajo	Calculado: 25 cm	Cumple

Cuantía geométrica mínima

Según los resultados obtenidos, tras realizar las comprobaciones de armado con el programa *Cype 3D*, las disposiciones relativas a las armaduras calculadas a través del Artículo 42.3.2 *Flexión simple* son menos exigentes que las cuantías geométricas mínimas calculadas a partir del Artículo 42.3.5 *Cuantías geométricas mínimas*. Según dicho artículo se deben disponer los valores de las cuantías geométricas mínimas en los diferentes elementos estructurales, en función del acero utilizado, siempre que dichos valores resulten más exigentes que los señalados, en este caso, en el Artículo 42.3.2

Según el Artículo 58.8.2 *Disposición de armadura* de la EHE-08, la armadura longitudinal debe satisfacer lo establecido en el Artículo 42°. La cuantía mínima se refiere a la suma de la armadura de la cara inferior, de la cara superior y de las paredes laterales, en la dirección considerada.

Por otro lado, la armadura dispuesta en las caras superior, inferior y laterales no distarán más de 30 cm.

Nuestra cimentación consiste en zapatas armadas empleando un acero que tiene un límite elástico de 500 MPa. Según la Tabla 42.3.5. *Cuantías geométricas mínimas*, en tanto por 1000, referidas a la sección total de hormigón para losas de cimentación y zapatas armadas, se adoptará la mitad de la cuantía

mínima en cada dirección. Dado que para losas con un armado cuyo límite elástico es 500 MPa, la cuantía geométrica mínima es de 1,8:

Armado en X	Armado en Y
$A_c = 1 \times 2,9 = 2,9 \text{ m}^2$	$A_c = 1 \times 1,5 = 1,5 \text{ m}^2$
$A_s = 0,0009 \times A_c = 0,00261 \text{ m}^2$	$A_s = 0,0009 \times A_c = 0,00135 \text{ m}^2$
$A_s = 14 \times \pi \times 0,008^2 = 0,0028 \text{ m}^2$	$A_s = 7 \times \pi \times 0,008^2 = 0,0014 \text{ m}^2$
Cumple	Cumple
14Ø16	7Ø16

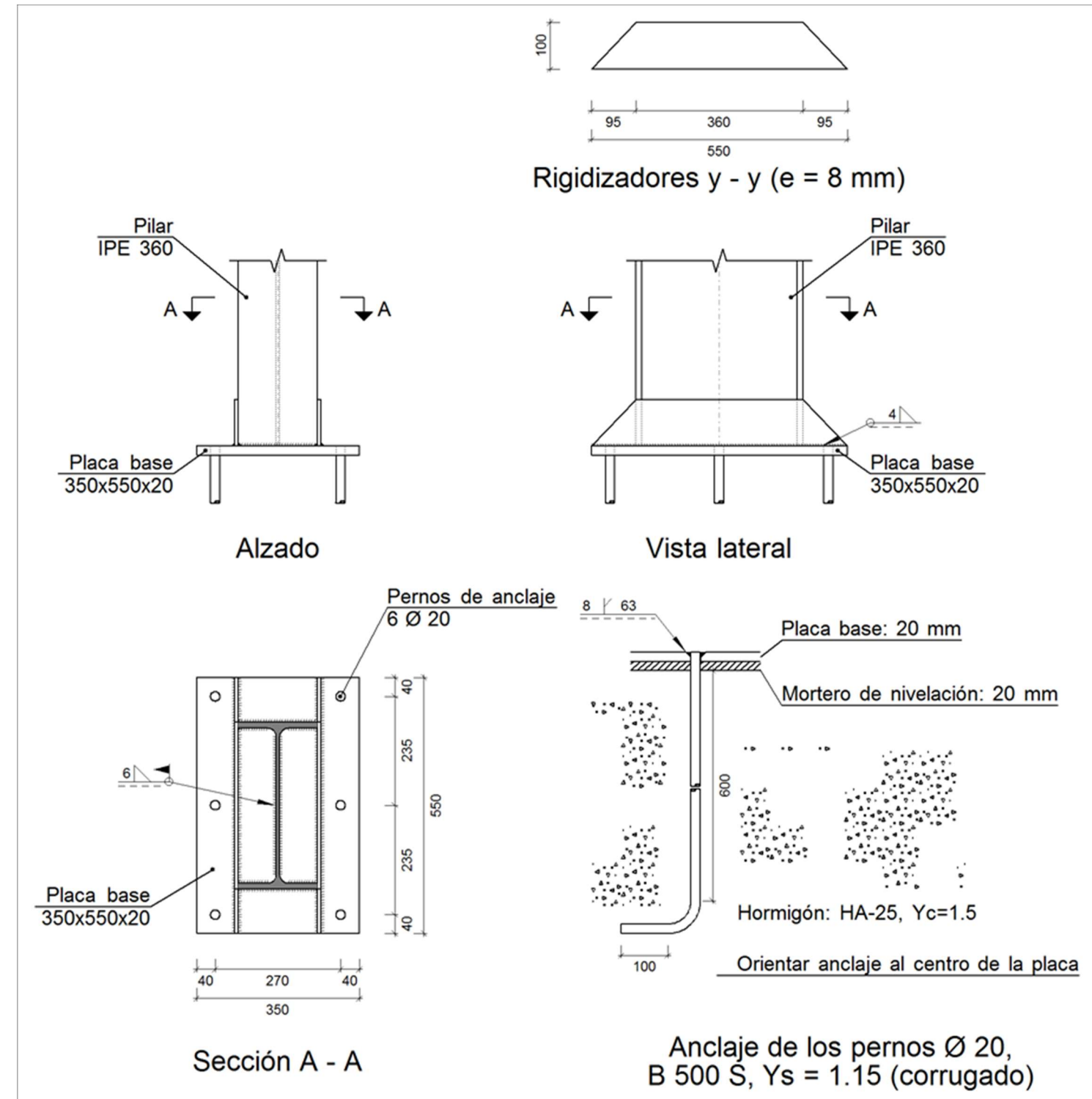
12.3. UNIONES

Norma:

CTE DB SE-A: Código Técnico de la Edificación. Seguridad estructural. Apartado 8.6. Resistencia de los medios de unión. Uniones soldadas.

Materiales:

- Perfiles (Material base): S275
 $f_y = 275 \text{ MPa}$
 $f_u = 410 \text{ MPa}$
- Material de aportación (soldaduras). Las características mecánicas de los materiales de aportación serán en todos los casos superiores a las del material base (4.4.1 CTE DB SE-A)



12.3.1. Placas de anclaje

Todas las placas que componen la cimentación cuentan con una dimensión de 350 mm de ancho, 550 mm de canto y 20 mm de espesor. Cada una cuenta con 6 taladros de 36 mm de diámetro exterior y 22 mm de diámetro interior con bisel de 8 mm.

Comprobación a resistencia

$$f_{jd} = B_j \times k_j \times f_{ck} \leq 3,3 \times f_{cd}$$

$$f_{jd} = 29,5 \text{ MPa} \leq 54,78$$

Cumple

$$B_j = \frac{2}{3} \text{ hormigón autonivel}$$

$$k_j = \sqrt{\frac{a_1 \times b_1}{a \times b}} = 1,77 \quad a_1 = \min$$

$$a + 2a_r = A = 55 \text{ cm}$$

$$5a = 180 \text{ cm}$$

$$a + h = 136 \text{ cm}$$

$$5b = 85 \text{ cm}$$

$$b_1 = \min$$

$$b + 2b_r = B = 35 \text{ cm}$$

$$5b = 85 \text{ cm}$$

$$b + h = 117 \text{ cm}$$

$$5a = 180 \text{ cm}$$

$$c = l_e = t \times \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 \times f_{jd}}}$$

$$c = 3,29 \text{ cm}$$

$$A_{ef} = (17 + 2 \times 3,29) \times (1,27 + 2 \times 3,29)$$

$$A_{ef} = 185 \text{ cm}^2$$

Al estar la placa de anclaje sometida a un momento, existirá una parte sometida a compresión y otra a flexión el área eficaz, solamente, ocupará el rectángulo situado en la parte superior de la Figura 12. Los lados de este rectángulo se encuentran a distancia $c = 0,032 \text{ m}$ de los lados del ala del IPE que conforma el pilar.

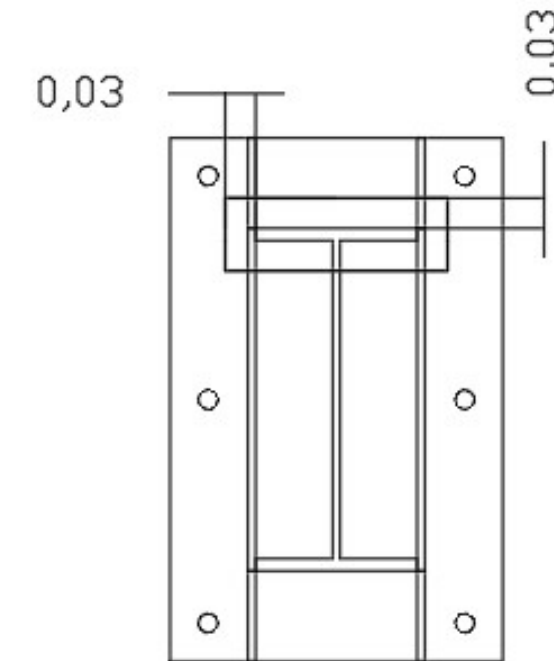


Figura 13. Área eficaz de la placa de anclaje

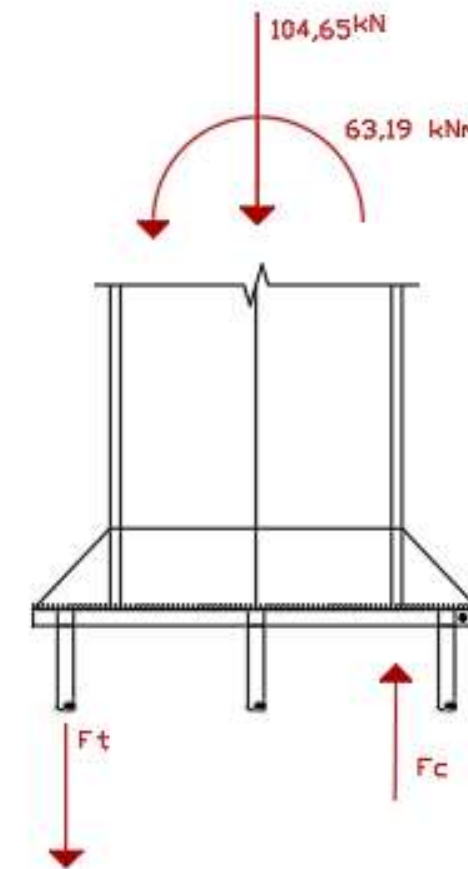


Figura 14. Esquema de fuerzas de la placa de anclaje para la fórmula posterior

$$\sum M = 0 \rightarrow -63,19 - 104 \times 0,235 + F_c \times 0,415 = 0 \quad F_c = 211,16 \text{ kN}$$

Condición que debe cumplirse:

$$\sigma_{\max} = \frac{F_c}{A_{ef}} \leq f_{jd} \rightarrow A_{ef} \geq \frac{F_c}{f_{jd}} \rightarrow 0,0185 \geq 0,007$$

Cumple

Comprobación a rigidez

Dado que la expresión, que aparece a continuación, no cumple habrá que emplear rigidizadores.

$$M_{ED} \leq M_{RD} = \frac{t^2 \times f_y}{6 \gamma_{m0}}$$

Se colocarán dos rigidizadores en cada una de las placas. Las dimensiones serán de $550 \times 100 \text{ mm}$ y contarán con un espesor de 8 mm. Serán paralelos al eje Y y tendrán una esbeltez calculada de 29,9. El conjunto de rigidizadores con un peso de 5,71 kg.

12.3.2. Pernos de anclaje

En cada una de las placas de anclaje se colocarán 6 pernos de anclaje de 20 mm de diámetro y 60 cm de longitud en dirección vertical más 10 cm en dirección horizontal, orientados hacia el centro de la placa. La designación de estos pernos será B 500 S y serán de acero corrugado. El conjunto de pernos de cada zapata tendrá un peso de 12,64 kg.

Separación mínima entre pernos	Mínimo: 60 mm Calculado: 236 mm	Cumple
Separación mínima entre pernos-borde	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Longitud mínima del perno necesaria por adherencia	Mínimo: 22 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón	Tracción Máximo: 133,24 kN Calculado: 75,98 kN	Cumple
	Cortante Máximo: 93,34 kN Calculado: 4,53 kN	Cumple
	Tracción + Cortante Máximo: 133,34 kN Calculado: 82,45 kN	Cumple
Aplastamiento perno en placa Límite del cortante en un perno actuando contra la placa	Máximo: 209,52 kN Calculado: 4,17 kN	Cumple

Las comprobaciones realizadas a los pernos de anclaje han sido:

- Resistencia del material de los pernos. Se descomponen los esfuerzos actuantes sobre la placa en axiles y cortantes en los pernos y se comprueba que ambos esfuerzos, por separado y con interacción entre ellos (tensión de Von Mises), producen tensiones menores a la tensión límite del material de los pernos.
- Anclaje de los pernos. Se comprueba el anclaje de los pernos en el hormigón de tal manera que no se produzca el fallo de deslizamiento por adherencia, arrancamiento del cono de rotura o fractura por esfuerzo cortante (aplastamiento).
- Aplastamiento. Se comprueba que en cada perno no se supera el cortante que produciría el aplastamiento de la placa contra el perno.

12.3.3. Soldadura

Se cumplirán las siguientes disposiciones constructivas:

- En primer lugar, las siguientes prescripciones se aplican a uniones soldadas donde los espesores de las piezas a unir sean al menos de 4 mm.
- Los cordones de las soldaduras en ángulo no podrán tener un espesor de garganta inferior a 3 mm ni superior al menor espesor de las piezas a unir.
- Los cordones de las soldaduras en ángulo cuyas longitudes sean menores de 40 mm o 6 veces el espesor de garganta, no se tendrán en cuenta para calcular la resistencia de la unión.
- En el detalle de las soldaduras en ángulo se indica la longitud efectiva del cordón (longitud sobre la cual el cordón tiene su espesor de garganta completo). Para cumplirla, puede ser necesario prolongar el cordón rodeando las esquinas, con el mismo espesor de garganta y una longitud de 2 veces dicho espesor. La longitud efectiva de un cordón de soldadura deberá ser mayor o igual que 4 veces el espesor de garganta.
- Las soldaduras en ángulo entre dos piezas que forman un ángulo β deberán cumplir con la condición de que dicho ángulo esté comprendido entre 60 y 120 grados. En caso contrario:
 - Si se cumple que $\beta > 120$ (grados) se considerará que no transmiten esfuerzos.
 - Si se cumple que $\beta < 60$ (grados) se considerarán como soldaduras a tope con penetración parcial.
- Soldadura a tope. Una soldadura a tope es de penetración total si la fusión entre el material base y el de aportación se produce en todo el espesor de la unión; se define como de penetración parcial, cuando la penetración sea inferior a dicho espesor. En ambos casos el tipo de unión podrá ser a tope o a tope en T.

La leyenda con la que podremos identificar las características de las soldaduras mostradas en el detalle constructivo de las uniones *Figura 12* es la siguiente:

a (mm): Espesor de garganta del cordón de soldadura en ángulo, que será la altura mayor, medida perpendicularmente a la cara exterior, entre todos los triángulos que se pueden inscribir entre las superficies de las piezas que hayan alcanzado la fusión y la superficie exterior de las soldaduras.

L (mm): longitud efectiva del cordón de soldadura.

Para identificar cada una de las soldaduras que aparecen en la Figura 12 tendremos en cuenta que:

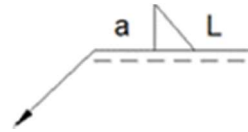


Figura 15. Modo de representación del espesor de garganta y la longitud efectiva del cordón de una soldadura cuando el cordón de soldadura que se detalla se encuentra en el lado de la flecha

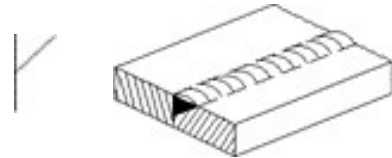


Figura 16. Modo de representación de una soldadura a tope en bisel simple con talón de raíz amplio



Figura 17. Modo de representación de una soldadura realizada a lo largo de todo el perímetro de la pieza

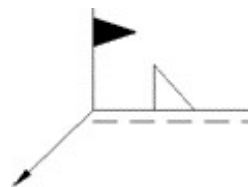


Figura 18. Modo de representación de una soldadura realizada en el lugar de montaje

Las comprobaciones realizadas a las soldaduras son, según el tipo:

- Cordones de soldadura a tope con penetración total. No es necesaria ninguna comprobación. La resistencia de la unión será igual a la de la más débil de las piezas unidad.
- Cordones de soldadura a tope con penetración parcial y con preparación de bordes. Se comprueban como soldadura en ángulo considerando un espesor de garganta igual al canto nominal de la preparación menos 2 mm (Artículo 8.6.3.3b del CTE DB SE-A)
- Cordones de soldadura en ángulo. Se realiza la comprobación de tensiones en cada cordón de soldadura según el Artículo 8.6.2.3 CTE DB SE-A.

Se han comprobado los siguientes tipos de tensión:

Tensión de Von Mises

$$\sqrt{\sigma_1^2 + 3 \times (\tau_1^2 + \tau_{II}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}}$$

Tensión normal
 $K = 1$

$$\sigma_1 \leq K \times \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

En la cimentación encontramos tres tipos diferentes de soldadura:

Pilar IPE 360. Cordones de soldadura. Referencia: Soldadura perimetral a la placa. Ejecución: en el lugar de montaje:

- Comprobación geométrica

Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
En ángulo	6	1189	8	90

- Comprobación de resistencia

Tensión de Von Miss	Tensión normal	f_u (N/mm ²)	β_w
No procede	No procede	410	0,85

Cordones de soldadura a tope con penetración total. Referencia: Soldadura del rigidizador a la placa base. Ejecución: en taller.

- Comprobación geométrica

Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
En ángulo	4	550	8	90

- Comprobación de resistencia

Tensión de Von Miss	Tensión normal	f_u (N/mm ²)	β_w
No procede	No procede	410	0,85

Cordones de soldadura. Referencia: Soldadura de los pernos a la placa base. Ejecución: en taller

- Comprobación geométrica

Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
A tope en bisel con talón de raíz amplio	8	63	20	90

- Comprobación de resistencia

Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
$\sigma_{\perp}$ (N/mm ²)	$\tau_{\perp}$ (N/mm ²)	$\tau_{ }$ (N/mm ²)	Aprov (%)	σ (N/mm ²)	Aprov (%)	410	0,85
0	0	187,2	84	0	0		

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \times (\tau_{\perp}^2 + \tau_{||}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \times \gamma_{M2}} = \sqrt{0 + 3 \times 187,2^2} \leq \frac{410}{0,85 \times 1,25} = 324,24 \leq 385,88$$

Cumple

$$\sigma_{\perp} \leq K \times \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 0 \leq 1 \times \frac{410}{0,85} = 0 \leq 482,35$$

Cumple

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$N M_Y M_Z$	$N M_Y M_Z V_Y V_Z$	M_t	$M_t V_Z$	$M_t V_Y$	
N1/N35	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 5.45 m $\eta = 3.3$	x: 0 m $\eta = 17.4$	x: 0 m $\eta = 65.5$	x: 0 m $\eta = 13.7$	$\eta = 4.7$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.45 m $\eta = 76.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.6$	$\eta = 0.5$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 76.6$
N35/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.25 m $\eta = 1.5$	x: 0 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 29.1$	x: 0 m $\eta = 3.2$	$\eta = 11.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 29.4$	$\eta < 0.1$	x: 1.25 m $\eta = 0.6$	$\eta = 1.3$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 29.4$
N3/N36	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 5.45 m $\eta = 3.3$	x: 0 m $\eta = 17.4$	x: 0 m $\eta = 65.5$	x: 0 m $\eta = 13.7$	$\eta = 4.7$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 5.45 m $\eta = 76.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.6$	$\eta = 0.5$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 76.6$
N36/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.25 m $\eta = 1.5$	x: 0 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 29.1$	x: 0 m $\eta = 3.2$	$\eta = 11.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 29.4$	$\eta < 0.1$	x: 1.25 m $\eta = 0.6$	$\eta = 1.3$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 29.4$
N2/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.288 m $\eta = 16.8$	x: 0 m $\eta = 21.2$	x: 1.288 m $\eta = 26.0$	x: 0 m $\eta = 1.4$	x: 0 m $\eta = 5.2$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.288 m $\eta = 42.6$	$\eta < 0.1$	x: 0.429 m $\eta = 3.9$	x: 1.288 m $\eta = 0.3$	$\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 42.6$
N7/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.288 m $\eta = 21.8$	x: 0 m $\eta = 40.0$	x: 0 m $\eta = 28.0$	x: 1.288 m $\eta = 2.4$	x: 0 m $\eta = 5.6$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 56.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 0.6$	$\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 56.9$
N9/N11	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.288 m $\eta = 26.3$	x: 0 m $\eta = 47.8$	x: 0.429 m $\eta = 11.0$	x: 1.288 m $\eta = 3.5$	x: 1.288 m $\eta = 3.3$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.429 m $\eta = 54.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 4.3$	x: 1.288 m $\eta = 0.3$	$\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 54.7$
N11/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.288 m $\eta = 27.8$	x: 0 m $\eta = 50.0$	x: 0.644 m $\eta = 7.3$	x: 1.288 m $\eta = 4.6$	x: 1.288 m $\eta = 2.9$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.644 m $\eta = 54.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 4.3$	x: 1.288 m $\eta = 0.2$	$\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 54.5$
N13/N15	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.288 m $\eta = 27.5$	x: 0 m $\eta = 48.8$	x: 0.644 m $\eta = 6.9$	x: 1.288 m $\eta = 6.1$	x: 1.288 m $\eta = 2.9$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.644 m $\eta = 53.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 4.1$	x: 1.288 m $\eta = 0.3$	$\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 53.1$
N15/N17	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.288 m $\eta = 26.4$	x: 0 m $\eta = 46.1$	x: 0.644 m $\eta = 5.7$	x: 1.288 m $\eta = 7.6$	x: 1.288 m $\eta = 3.0$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.644 m $\eta = 49.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 3.6$	x: 1.288 m $\eta = 0.3$	$\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 49.6$
N17/N19	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.288 m $\eta = 24.7$	x: 0 m $\eta = 42.3$	x: 0.859 m $\eta = 8.7$	x: 1.288 m $\eta = 8.6$	x: 0 m $\eta = 3.4$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.859 m $\eta = 47.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.9$	x: 0 m $\eta = 0.3$	$\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 47.7$
N19/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.288 m $\eta = 22.9$	x: 0 m $\eta = 38.5$	x: 1.288 m $\eta = 21.4$	x: 1.288 m $\eta = 8.5$	x: 1.288 m $\eta = 4.7$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.288 m $\eta = 53.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.2$	x: 1.288 m $\eta = 0.5$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 53.7$
N4/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.288 m $\eta = 16.8$	x: 0 m $\eta = 21.2$	x: 1.288 m $\eta = 26.0$	x: 0 m $\eta = 1.4$	x: 0 m $\eta = 5.2$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.288 m $\eta = 42.6$	$\eta < 0.1$	x: 0.429 m $\eta = 3.9$	x: 1.288 m $\eta = 0.3$	$\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 42.6$
N22/N24	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.288 m $\eta = 21.8$	x: 0 m $\eta = 40.0$	x: 0 m $\eta = 28.0$	x: 1.288 m $\eta = 2.4$	x: 0 m $\eta = 5.6$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 56.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 0.6$	$\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 56.9$
N24/N26	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.288 m $\eta = 26.3$	x: 0 m $\eta = 47.8$	x: 0.429 m $\eta = 11.0$	x: 1.288 m $\eta = 3.5$	x: 1.288 m $\eta = 3.3$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.429 m $\eta = 54.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 4.3$	x: 1.288 m $\eta = 0.3$	$\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 54.7$
N26/N28	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.288 m $\eta = 27.8$	x: 0 m $\eta = 50.0$	x: 0.644 m $\eta = 7.3$	x: 1.288 m $\eta = 4.6$	x: 1.288 m $\eta = 2.9$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.644 m $\eta = 54.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 4.3$	x: 1.288 m $\eta = 0.2$	$\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 54.5$
N28/N30	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.288 m $\eta = 27.5$	x: 0 m $\eta = 48.8$	x: 0.644 m $\eta = 6.9$	x: 1.288 m $\eta = 6.1$	x: 1.288 m $\eta = 2.9$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.644 m $\eta = 53.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 4.1$	x: 1.288 m $\eta = 0.3$	$\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 53.1$
N30/N32	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.288 m $\eta = 26.4$	x: 0 m $\eta = 46.1$	x: 0.644 m $\eta = 5.7$	x: 1.288 m $\eta = 7.6$	x: 1.288 m $\eta = 3.0$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.644 m $\eta = 49.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 3.6$	x: 1.288 m $\eta = 0.3$	$\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 49.6$
N32/N34	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.288 m $\eta = 24.7$	x: 0 m $\eta = 42.3$	x: 0.859 m $\eta = 8.7$	x: 1.288 m $\eta = 8.6$	x: 0 m $\eta = 3.4$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.859 m $\eta = 47.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.9$	x: 0 m $\eta = 0.3$	$\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 47.7$
N34/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.288 m $\eta = 22.9$	x: 0 m $\eta = 38.5$	x: 1.288 m $\eta = 21.4$	x: 1.288 m $\eta = 8.5$	x: 1.288 m $\eta = 4.7$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.288 m $\eta = 53.7$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.2$	x: 1.288 m $\eta = 0.5$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 53.7$
N2/N6	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 22.5$	$\eta = 64.2$	x: 1.25 m $\eta = 3.6$	x: 1.25 m $\eta = 8.6$	x: 0 m $\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 1.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.25 m $\eta = 68.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.6$	x: 0 m $\eta = 0.3$	x: 0 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 68.3$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	$M_Y V_Z$	$M_Z V_Y$	$N M_Y M_Z$	$N M_Y M_Z V_Y V_Z$	M_t	$M_t V_Z$	$M_t V_Y$	
N6/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 18.9$	$\eta = 71.6$	x: 1.25 m $\eta = 5.5$	x: 0 m $\eta = 19.0$	x: 0 m $\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 3.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 83.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 3.7$	x: 0 m $\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 0.5$	CUMPLE $\eta = 83.9$
N8/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 28.1$	$\eta = 72.9$	x: 1.25 m $\eta = 7.9$	x: 0 m $\eta = 4.9$	$\eta = 0.2$	x: 1.25 m $\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 74.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 3.6$	$\eta = 0.2$	x: 1.25 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 74.6$
N10/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 29.7$	$\eta = 73.3$	x: 1.25 m $\eta = 10.3$	x: 0.208 m $\eta = 2.2$	$\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.25 m $\eta = 74.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 3.4$	$\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 74.3$
N12/N14	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 30.8$	$\eta = 76.7$	x: 1.25 m $\eta = 12.8$	x: 0.208 m $\eta = 2.1$	$\eta = 0.2$	x: 1.25 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 77.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 3.0$	$\eta = 0.2$	x: 1.25 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 77.8$
N14/N16	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 29.5$	$\eta = 74.2$	x: 1.25 m $\eta = 13.8$	x: 0 m $\eta = 1.9$	$\eta = 0.1$	x: 1.25 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 75.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.5$	$\eta = 0.1$	x: 1.25 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 75.3$
N16/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 27.0$	$\eta = 68.9$	x: 1.25 m $\eta = 15.0$	x: 0.417 m $\eta = 1.9$	$\eta = 0.1$	x: 1.25 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 69.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.7$	$\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 69.9$
N18/N20	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 23.6$	$\eta = 61.5$	x: 1.25 m $\eta = 15.6$	x: 1.25 m $\eta = 4.7$	$\eta < 0.1$	x: 1.25 m $\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.25 m $\eta = 63.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.7$	$\eta < 0.1$	x: 1.25 m $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 63.2$
N20/N33	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 23.6$	$\eta = 61.5$	x: 0 m $\eta = 15.6$	x: 0 m $\eta = 4.7$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 63.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.7$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 63.2$
N33/N31	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 27.0$	$\eta = 68.9$	x: 0 m $\eta = 15.0$	x: 0.833 m $\eta = 1.9$	$\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.25 m $\eta = 69.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.7$	$\eta = 0.1$	x: 1.25 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 69.9$
N31/N29	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 29.5$	$\eta = 74.2$	x: 0 m $\eta = 13.8$	x: 1.25 m $\eta = 1.9$	$\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.25 m $\eta = 75.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.5$	$\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 75.3$
N29/N27	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 30.8$	$\eta = 76.7$	x: 0 m $\eta = 12.8$	x: 1.042 m $\eta = 2.1$	$\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.25 m $\eta = 77.8$	$\eta < 0.1$	$\eta = 3.0$	$\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 77.8$
N27/N25	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 29.7$	$\eta = 73.3$	x: 0 m $\eta = 10.3$	x: 1.042 m $\eta = 2.2$	$\eta = 0.2$	x: 1.25 m $\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 74.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 3.4$	$\eta = 0.2$	x: 1.25 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 74.3$
N25/N23	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 28.1$	$\eta = 72.9$	x: 0 m $\eta = 7.9$	x: 1.25 m $\eta = 4.9$	$\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.25 m $\eta = 74.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 3.6$	$\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 74.6$
N23/N21	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 18.9$	$\eta = 71.6$	x: 0 m $\eta = 5.5$	x: 1.25 m $\eta = 19.0$	x: 1.25 m $\eta = 0.2$	x: 1.25 m $\eta = 3.0$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.25 m $\eta = 83.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 3.7$	x: 1.25 m $\eta = 0.2$	x: 1.25 m $\eta = 0.5$	CUMPLE $\eta = 83.9$
N21/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	$\eta = 22.5$	$\eta = 64.2$	x: 0 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 8.6$	x: 1.25 m $\eta = 0.3$	x: 1.25 m $\eta = 1.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 68.3$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.6$	x: 1.25 m $\eta = 0.3$	x: 1.25 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 68.3$
N6/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 0.313 m $\eta = 26.6$	x: 0 m $\eta = 37.9$	x: 0.313 m $\eta = 43.8$	x: 0 m $\eta = 4.5$	$\eta = 15.0$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.313 m $\eta = 81.6$	$\eta < 0.1$	x: 0.313 m $\eta = 1.8$	x: 0.313 m $\eta = 1.8$	$\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 81.6$
N8/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.288 m $\eta = 57.5$	x: 0 m $\eta = 62.5$	x: 1.288 m $\eta = 8.8$	x: 0 m $\eta = 2.9$	x: 1.288 m $\eta = 0.6$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.288 m $\eta = 65.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.1$	x: 1.288 m $\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 65.4$
N8/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 0.625 m $\eta = 16.5$	x: 0 m $\eta = 25.6$	x: 0 m $\eta = 26.5$	x: 0 m $\eta = 3.5$	$\eta = 5.2$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 51.7$	$\eta < 0.1$	x: 0.469 m $\eta = 2.1$	x: 0.469 m $\eta = 0.6$	$\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 51.7$
N10/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.398 m $\eta = 30.4$	x: 0 m $\eta = 33.6$	x: 1.398 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 3.8$	x: 0 m $\eta = 0.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.398 m $\eta = 36.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 36.0$
N10/N11	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 0.938 m $\eta = 9.5$	x: 0 m $\eta = 16.4$	x: 0.938 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 3.3$	$\eta = 0.6$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.938 m $\eta = 20.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 20.1$
N12/N11	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.563 m $\eta = 13.9$	x: 0 m $\eta = 21.3$	x: 0 m $\eta = 1.6$	x: 0 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.563 m $\eta = 22.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 22.1$
N12/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.25 m $\eta = 7.5$	x: 0 m $\eta = 11.9$	x: 1.25 m $\eta = 2.9$	x: 0 m $\eta = 3.2$	$\eta = 0.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 13.5$	$\eta < 0.1$	x: 0.833 m $\eta = 2.0$	N.P. ⁽¹⁾	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 13.5$
N14/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.768 m $\eta = 12.1$	x: 0 m $\eta = 29.9$	x: 0 m $\eta = 2.1$	x: 1.768 m $\eta = 3.6$	x: 1.768 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 31.3$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 2.6$	x: 1.768 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 31.3$

Barras	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	
N14/N15	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.563 m $\eta = 10.7$	x: 0 m $\eta = 14.8$	x: 1.563 m $\eta = 3.8$	x: 0 m $\eta = 3.3$	$\eta = 0.3$	x: 0.977 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.563 m $\eta = 16.5$	$\eta < 0.1$	x: 1.172 m $\eta = 1.7$	$\eta < 0.1$	x: 0.977 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 16.5$
N16/N15	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 2.001 m $\eta = 14.9$	x: 0 m $\eta = 47.2$	x: 0 m $\eta = 2.6$	x: 2.001 m $\eta = 3.7$	x: 2.001 m $\eta = 0.2$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 49.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 3.1$	x: 2.001 m $\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 49.2$
N16/N17	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.875 m $\eta = 15.9$	x: 0 m $\eta = 24.8$	x: 1.875 m $\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 3.4$	$\eta = 0.3$	x: 0.75 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.875 m $\eta = 26.9$	$\eta < 0.1$	x: 0.75 m $\eta = 1.3$	$\eta < 0.1$	x: 0.75 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 26.9$
N18/N17	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 2.253 m $\eta = 17.4$	x: 0 m $\eta = 70.1$	x: 2.253 m $\eta = 3.7$	x: 2.253 m $\eta = 3.3$	x: 2.253 m $\eta = 0.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 73.2$	$\eta < 0.1$	x: 2.253 m $\eta = 3.1$	x: 2.253 m $\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 73.2$
N18/N19	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 2.188 m $\eta = 20.9$	x: 0 m $\eta = 37.5$	x: 2.188 m $\eta = 6.4$	x: 0 m $\eta = 3.2$	$\eta = 0.3$	x: 1.094 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 40.0$	$\eta < 0.1$	x: 1.094 m $\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	x: 1.094 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 40.0$
N20/N19	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 2.519 m $\eta = 20.5$	x: 0 m $\eta = 88.9$	x: 2.519 m $\eta = 4.5$	x: 2.519 m $\eta = 2.8$	x: 2.519 m $\eta = 0.3$	x: 2.519 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.519 m $\eta = 92.7$	$\eta < 0.1$	x: 2.31 m $\eta = 2.7$	x: 2.519 m $\eta = 0.1$	x: 2.519 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 92.7$
N20/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 2.5 m $\eta = 37.5$	x: 0 m $\eta = 81.2$	x: 2.5 m $\eta = 2.6$	x: 0 m $\eta = 2.8$	$\eta = 0.1$	x: 1.042 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 74.2$	$\eta < 0.1$	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	N.P. ⁽¹⁾	N.P. ⁽¹⁾	CUMPLE $\eta = 81.2$
N21/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 0.313 m $\eta = 26.6$	x: 0 m $\eta = 37.9$	x: 0.313 m $\eta = 43.8$	x: 0 m $\eta = 4.5$	$\eta = 15.0$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.313 m $\eta = 81.6$	$\eta < 0.1$	x: 0.313 m $\eta = 1.8$	x: 0.313 m $\eta = 1.8$	$\eta = 0.4$	CUMPLE $\eta = 81.6$
N23/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.288 m $\eta = 57.5$	x: 0 m $\eta = 62.5$	x: 1.288 m $\eta = 8.8$	x: 0 m $\eta = 2.9$	x: 1.288 m $\eta = 0.6$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.288 m $\eta = 65.4$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.1$	x: 1.288 m $\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 65.4$
N23/N24	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 0.625 m $\eta = 16.5$	x: 0 m $\eta = 25.6$	x: 0 m $\eta = 26.5$	x: 0 m $\eta = 3.5$	$\eta = 5.2$	$\eta = 0.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 51.7$	$\eta < 0.1$	x: 0.469 m $\eta = 2.1$	x: 0.469 m $\eta = 0.6$	$\eta = 0.3$	CUMPLE $\eta = 51.7$
N25/N24	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.398 m $\eta = 30.4$	x: 0 m $\eta = 33.6$	x: 1.398 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 3.8$	x: 0 m $\eta = 0.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.398 m $\eta = 36.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 36.0$
N25/N26	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 0.938 m $\eta = 9.5$	x: 0 m $\eta = 16.4$	x: 0.938 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 3.3$	$\eta = 0.6$	$\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.938 m $\eta = 20.1$	$\eta < 0.1$	$\eta = 2.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.2$	CUMPLE $\eta = 20.1$
N27/N26	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.563 m $\eta = 13.9$	x: 0 m $\eta = 21.3$	x: 0 m $\eta = 1.6$	x: 0 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.563 m $\eta = 22.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 22.1$
N27/N28	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.25 m $\eta = 7.5$	x: 0 m $\eta = 11.9$	x: 1.25 m $\eta = 2.9$	x: 0 m $\eta = 3.2$	$\eta = 0.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 13.5$	$\eta < 0.1$	x: 0.833 m $\eta = 2.0$	N.P. ⁽¹⁾	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 13.5$
N29/N28	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.768 m $\eta = 12.1$	x: 0 m $\eta = 29.9$	x: 0 m $\eta = 2.1$	x: 1.768 m $\eta = 3.6$	x: 1.768 m $\eta = 0.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 31.3$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 2.6$	x: 1.768 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 31.3$
N29/N30	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.563 m $\eta = 10.7$	x: 0 m $\eta = 14.8$	x: 1.563 m $\eta = 3.8$	x: 0 m $\eta = 3.3$	$\eta = 0.3$	x: 0.977 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.563 m $\eta = 16.5$	$\eta < 0.1$	x: 1.172 m $\eta = 1.7$	$\eta < 0.1$	x: 0.977 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 16.5$
N31/N30	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 2.001 m $\eta = 14.9$	x: 0 m $\eta = 47.2$	x: 0 m $\eta = 2.6$	x: 2.001 m $\eta = 3.7$	x: 2.001 m $\eta = 0.2$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 49.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 3.1$	x: 2.001 m $\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 49.2$
N31/N32	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.875 m $\eta = 15.9$	x: 0 m $\eta = 24.8$	x: 1.875 m $\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 3.4$	$\eta = 0.3$	x: 0.75 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.875 m $\eta = 26.9$	$\eta < 0.1$	x: 0.75 m $\eta = 1.3$	$\eta < 0.1$	x: 0.75 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 26.9$
N33/N32	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 2.253 m $\eta = 17.4$	x: 0 m $\eta = 70.1$	x: 2.253 m $\eta = 3.7$	x: 2.253 m $\eta = 3.3$	x: 2.253 m $\eta = 0.3$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 73.2$	$\eta < 0.1$	x: 2.253 m $\eta = 3.1$	x: 2.253 m $\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 73.2$
N33/N34	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 2.188 m $\eta = 20.9$	x: 0 m $\eta = 37.5$	x: 2.188 m $\eta = 6.4$	x: 0 m $\eta = 3.2$	$\eta = 0.3$	x: 1.094 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 40.0$	$\eta < 0.1$	x: 1.094 m $\eta = 0.6$	$\eta < 0.1$	x: 1.094 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 40.0$
N20/N34	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 2.519 m $\eta = 20.5$	x: 0 m $\eta = 88.9$	x: 2.519 m $\eta = 4.5$	x: 2.519 m $\eta = 2.8$	x: 2.519 m $\eta = 0.3$	x: 2.519 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 2.519 m $\eta = 92.7$	$\eta < 0.1$	x: 2.31 m $\eta = 2.7$	x: 2.519 m $\eta = 0.1$	x: 2.519 m $\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 92.7$
N35/N6	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.768 m $\eta = 27.2$	x: 0 m $\eta = 52.3$	x: 0 m $\eta = 9.2$	x: 1.768 m $\eta = 3.7$	x: 0 m $\eta = 0.9$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 62.3$	$\eta < 0.1$	x: 1.768 m $\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 62.3$
N36/N21	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,m\acute{a}x}$ Cumple	x: 1.768 m $\eta = 27.2$	x: 0 m $\eta = 52.3$	x: 0 m $\eta = 9.2$	x: 1.768 m $\eta = 3.7$	x: 0 m $\eta = 0.9$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 62.3$	$\eta < 0.1$	x: 1.768 m $\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta = 0.1$	CUMPLE $\eta = 62.3$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
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_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⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.																