



**UNIVERSITAT  
JAUME·I**

**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES EXPERIMENTALS  
GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA**

**OPTIMIZACIÓN DEL DISEÑO Y  
CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA  
METÁLICA DE UNA CUBIERTA CURVA  
PARA UNA PISCINA**

*AUTOR: JAVIER PÉREZ MENGUAL*

*TUTORES: CARMEN IBAÑEZ USACH*

*DAVID HERNÁNDEZ FIGUEIRIDO*

*Castellón, julio de 2017*

## AGRADECIMIENTOS

Quisiera comenzar agradeciendo la realización de este proyecto a mis tutores, Carmen Ibáñez Usach y David Hernández Figueirido, quienes me dieron la oportunidad de realizar este Trabajo final de grado. Por su apoyo, consejos y paciencia demostrada a lo largo de mis visitas, dándome la esperanza para seguir aprendiendo en un campo, al principio, algo desconocido para mí.

También quiero agradecer el apoyo que he recibido por parte de los profesores y compañeros a lo largo de este periodo de mi vida porque siempre han estado ahí para escucharme y ayudarme en lo que pudieran.

Por último y no menos importante, me gustaría agradecer el apoyo recibido por parte de mi familia y mis seres queridos, en especial a mis padres por darme la oportunidad de poder haber estudiado aquello que realmente quería, además de la ayuda y sacrificio mostrados en el día a día. Dándome la fuerza para superar momentos difíciles, desafíos y retos encontrados en este camino.

Gracias.

## INDICE

<b>1. MEMORIA .....</b>	<b>5</b>
<b>1.1. Objeto del proyecto.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2. Alcance.....</b>	<b>6</b>
<b>1.3. Antecedentes.....</b>	<b>6</b>
<b>1.4. Normas y referencias.....</b>	<b>7</b>
1.4.1. Disposiciones y normas aplicadas .....	7
1.4.2. Programas de cálculo.....	8
1.4.3. Bibliografía.....	9
1.4.4. Otras referencias.....	9
<b>1.6. Requisitos de diseño.....</b>	<b>10</b>
<b>1.7. Análisis de soluciones.....</b>	<b>10</b>
1.7.1. Casos de estudio .....	11
1.7.1.1. Pórtico interior central.....	11
1.7.1.2. Pórtico de fachada .....	14
1.7.1.3. Cubierta completa.....	18
1.7.2. Solución adoptada .....	19
<b>1.8. Dimensionado de la solución adoptada.....</b>	<b>21</b>
1.8.1. Descripción de la cubierta .....	21
1.8.2. Actuaciones previas.....	21
1.8.3. Cerramientos.....	22
1.8.4. Correas.....	23
1.8.5. Estructura metálica .....	23
1.8.5.1. Pórtico de fachada .....	24
1.8.5.2. Pórtico interior .....	25
1.8.5.3. Sistema Contraviento .....	26
1.8.5.4. Placas de anclaje .....	29
1.8.6. Cimentación.....	33
1.8.6.1. Zapata tipo 1.....	34
1.8.6.2. Zapata tipo 2.....	35
1.8.6.3. Viga de atado tipo 1 .....	36
1.8.6.4. Viga de atado tipo 2 .....	37
<b>1.9. Materiales .....</b>	<b>38</b>
<b>1.10. Resultado final.....</b>	<b>43</b>
<b>2. ANEXO DE CÁLCULOS.....</b>	<b>46</b>
<b>2.1. Anexo de cálculos del estudio paramétrico.....</b>	<b>47</b>
2.1.1. Procedimiento de diseño y dimensionado de los pórticos .....	47
2.1.2. Normas consideradas.....	47
2.1.3. Comprobaciones .....	48
2.1.3.1. Pórtico interior central.....	48
2.1.3.2. Pórtico de fachada .....	53
2.1.3.3. Cubierta completa .....	63
2.1.4. Mediciones .....	87
2.1.4.1. Pórtico interior central.....	87
2.1.4.2. Pórtico de fachada .....	92
<b>2.2. Anexo de cálculos de la cubierta.....</b>	<b>97</b>
2.2.1. Procedimiento de diseño y dimensionado de la cubierta.....	97
2.2.2. Normas consideradas.....	97
2.2.3. Estados límite .....	97
2.2.4. Acciones consideradas y situaciones de proyecto .....	98
2.2.5. Comprobaciones.....	102
2.2.5.1. Pórticos de fachada .....	102
2.2.5.2. Pórticos interiores.....	136

2.2.5.3. Cruces de San Andrés .....	172
2.2.5.4. Vigas contraviento .....	184
2.2.5.5. Vigas perimetrales.....	199
2.2.5.6. Correas .....	206
2.2.5.7. Placas de anclaje .....	216
2.2.5.8. Cimentación .....	228
<b>3. PLANOS.....</b>	<b>235</b>
<b>Plano 1: Cubierta 3D .....</b>	<b>236</b>
<b>Plano 2: Pórtico interior.....</b>	<b>237</b>
<b>Plano 3: Pórtico de fachada .....</b>	<b>238</b>
<b>Plano 4: Pórtico lateral.....</b>	<b>239</b>
<b>Plano 5: Plano de cubierta .....</b>	<b>240</b>
<b>Plano 6: Plano placas de anclaje.....</b>	<b>241</b>
<b>Plano 7: Plano Cimentación.....</b>	<b>242</b>
<b>4. PLIEGO DE CONDICIONES .....</b>	<b>243</b>
<b>4.1. Disposiciones generales.....</b>	<b>244</b>
4.1.1 Disposiciones de carácter general.....	244
4.1.2. Disposiciones relativas a los materiales y trabajos realizados.....	246
<b>4.2. Disposiciones facultativas.....</b>	<b>255</b>
4.2.1. Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación.....	255
<b>4.3. Disposiciones económicas .....</b>	<b>262</b>
<b>5. PRESUPUESTO .....</b>	<b>268</b>
<b>5.1 Demoliciones y movimientos de tierras.....</b>	<b>269</b>
<b>5.2. Cimentación superficial.....</b>	<b>270</b>
<b>5.3. Estructura metálica .....</b>	<b>271</b>
<b>5.4. Cubierta .....</b>	<b>273</b>
<b>5.5. Proyecto y permisos .....</b>	<b>274</b>
<b>5.6. Presupuesto Total .....</b>	<b>274</b>

# 1. MEMORIA

## 1.1. Objeto del proyecto

El objeto de este proyecto es diseñar y calcular de forma óptima la estructura metálica de una cubierta curva para una piscina deportiva al aire libre, de acuerdo con el Código técnico de la edificación y la ayuda del software comercial de cálculo de estructuras CYPE Ingenieros S.L.

Tomando como punto de partida el diseño de una tipología de pórtico tipo y realizando un estudio paramétrico con el fin de determinar la inclinación óptima de la cubierta desde el punto de vista de mínimo uso de material y por tanto desde el punto de vista económico.

## 1.2. Alcance

El proyecto abarca el diseño y cálculo óptimo de la estructura metálica de una cubierta curva para una piscina al aire libre, los cerramientos y la cimentación. La construcción queda destinada a albergar una piscina en su interior, permitiendo el uso de la misma durante todo el año.

En primer lugar, se van a establecer las dimensiones y el emplazamiento concreto de la construcción.

En segundo lugar, se va a realizar el diseño de la tipología del pórtico tipo y el estudio paramétrico para determinar la inclinación óptima de la cubierta con el fin de obtener la solución más económica.

En tercer lugar, se va a llevar a cabo el dimensionado y cálculo de la estructura metálica de la cubierta a partir de la solución óptima obtenida.

Y por último, se va a hacer un estudio económico de la estructura diseñada y calculada.

## 1.3. Antecedentes

El trabajo realizado parte de la idea de ser un proyecto académico y que no se va a desarrollar en la realidad. A partir de ello, la cubierta metálica calculada se ubicará en el polideportivo municipal de Beniopa de la ciudad de Gandía (Valencia), con acceso principal en la calle Vicent Marí s/n.

---



Figura 1: Vista aérea de la situación de la piscina. Fuente: Google Maps

El espacio a albergar por la construcción, es una piscina al aire libre y de uso actual en temporada estival. Se quiere dar uso de la misma para el resto del año, permitiendo así la práctica de deportes acuáticos a los ciudadanos de la barriada, así como del resto de habitantes de la ciudad y comarca, convirtiéndose ésta, en la cuarta piscina municipal de uso no temporal.

## 1.4. Normas y referencias

Para la elaboración formal de los documentos constituyentes del proyecto técnico se ha considerado la Norma Española, UNE 157001:2014, donde se dan a conocer los requisitos y criterios generales para la elaboración de un proyecto de índole técnica, así como la estructura documental del mismo.

### 1.4.1. Disposiciones y normas aplicadas

Para la consecución del proyecto se ha cumplido y considerado las siguientes normas que afectan a este tipo de construcción para su diseño y cálculo:

- Código técnico de la edificación (CTE): marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE). El cual se compone de un conjunto de documentos básicos, siendo de aplicación para este proyecto los siguientes:

- Documento Básico Seguridad Estructural (DB-SE), el cual tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permitan cumplir las exigencias básicas de seguridad estructural.
- Documento Básico Acciones en la edificación (DB-SE-AE), el cual establece las formas en que deben combinarse las diferentes acciones que actúan sobre los edificios, para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural y aptitud al servicio, establecidos en el DB-SE.
- Documento Básico Acero (DB-SE-A): el cual está destinado a verificar la seguridad estructural de los elementos metálicos realizados con acero en edificación. Sin contemplar aspectos propios de otros campos de la construcción, ni aspectos relativos a elementos que, por su carácter específico, requieren consideraciones especiales.
- Documento Básico Cimientos (DB-SE-C), el cual tiene como ámbito de aplicación la seguridad estructural, capacidad portante y aptitud al servicio, de los elementos de cimentación y, en su caso, de contención de todo tipo de edificios, en relación con el terreno, independientemente de lo que afecta al elemento propiamente dicho, que se regula en los Documentos Básicos relativos a la seguridad estructural de los diferentes materiales o la instrucción EHE.
- Documento Básico Seguridad de utilización y accesibilidad (DB-SUA), el cual tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad de utilización y accesibilidad.
- Instrucción Española del Hormigón Estructural (EHE-08), siendo el marco reglamentario por el que se establecen las exigencias que deben cumplir las estructuras de hormigón para satisfacer los requisitos de seguridad estructural y seguridad en caso de incendio, además de la protección del medio ambiente, proporcionando procedimientos que permiten demostrar su cumplimiento con suficientes garantías técnicas.
- Ley 14/2010. Espectáculos Públicos, Actividades Recreativas y Establecimientos Públicos, en el Artículo 188. Supuestos específicos y en el Artículo 258. Características constructivas.

### 1.4.2. Programas de cálculo

Para la realización de este proyecto se ha utilizado los siguientes software comerciales:

- CYPE Ingenieros 2016, para la definición de las dimensiones de los pórticos y el dimensionado y cálculo de la construcción.

Empleando el módulo "Generador de Pórticos, que permite crear de forma rápida y sencilla la geometría y las cargas de un pórtico y el dimensionamiento de correas de cubierta y laterales de fachadas, de acuerdo con la norma elegida para el cálculo y el módulo "Cype 3D", que permite efectuar el cálculo de estructuras en

---

tres dimensiones de barras de hormigón, acero, mixtas, aluminio, madera, o cualquier material, así como el dimensionamiento de uniones y de la cimentación.

- AutoCAD 2016, para la extracción de planos de detalle de los elementos de la construcción.
- SAP2000, para el cálculo de los esfuerzos de la viga contraviento.

### 1.4.3. Bibliografía

- Código técnico de la edificación (CTE) .
- Instrucción Española del Hormigón Estructural (EHE-08).
- Temario de la asignatura: EM1027 – Estructuras y Construcciones Industriales.
- Temario de la asignatura: EM1041 – Advanced structural analysis.
- Proyecto estructural de una nave industrial.
- Ley 14/2010. Espectáculos Públicos, Actividades Recreativas y Establecimientos Públicos.

### 1.4.4. Otras referencias

- *Enciclopedia Libre*  
<https://www.wikipedia.org/>
- *Constructalia. El portal del acero para la construcción*  
<http://www.constructalia.com/>
- *LERMONT PLASTICS, empresa de comercialización y distribución de materiales plásticos semielaborados.*  
<http://www.lermontplastics.es/productosPolicarbonatoCelular.php>

## 1.6. Requisitos de diseño

Dado que la actividad desarrollada en la piscina municipal de Beniopa es la práctica de deportes acuáticos durante el periodo estival, se opta por la construcción de una cubierta curva no retráctil para el uso anual de la instalación, tomando como referencias otras instalaciones de la ciudad destinadas a la práctica de deportes de la misma índole.

Tomando las dimensiones del vaso de la piscina (25m x 12,5m) y atendiendo a la normativa vigente aplicable a este tipo de instalaciones, se fijan las dimensiones de la cubierta, siendo la luz de 22,8m y la longitud total de 33m, quedando esta totalmente centrada sobre la piscina, tal y como se detalla en la figura 2.

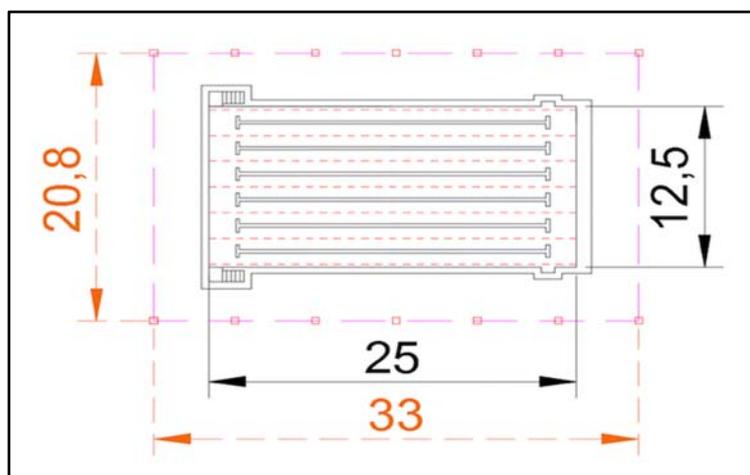


Figura 2: Detalles de las dimensiones de la construcción. Fuente: Elaboración propia con AutoCAD. Unidades en metros (m).

Determinadas las dimensiones de la cubierta y sabiendo que la construcción queda formada por 7 pórticos rígidos separados a 5,5m y con pilares de 6m de altura, se procede a la optimización de la cubierta a partir del grado de inclinación de la misma.

## 1.7. Análisis de soluciones

El diseño y cálculo de dicha cubierta, parte de las dimensiones citadas en el apartado anterior, quedando por estudiar la altura de la misma.

Para ello, se realiza un estudio paramétrico, con el fin obtener la inclinación óptima de la cubierta desde el punto de menor uso de material y por tanto de menor coste.

## 1.7.1. Casos de estudio

El desarrollo de este estudio paramétrico se basa en cinco configuraciones diferentes de la cubierta variando la inclinación de la misma, siendo estas las mostradas en la tabla 1.

Tabla 1: Configuraciones de cubierta

Configuración	Altura de la cumbrera (m)	Grado de inclinación (°)
1	7	5,42
2	7,5	8,21
3	8	10,89
4	8,5	13,52
5	9	16,09

Para las distintas configuraciones se ha estudiado el pórtico interior central y el pórtico de fachada con las placas de anclaje y la cimentación, además del sistema contraviento y las vigas perimetrales.

### 1.7.1.1. Pórtico interior central

El elemento a estudiar es el pórtico central interior, el cual se ha calculado bajo las combinaciones de las hipótesis de peso propio, sobrecarga de uso, nieve y viento para cada una de las configuraciones, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 2.

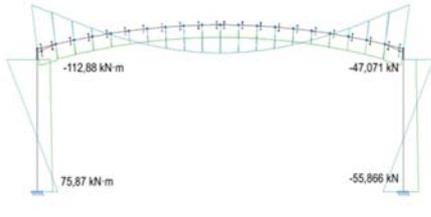
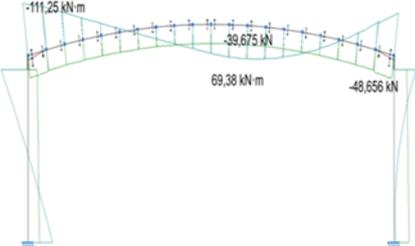
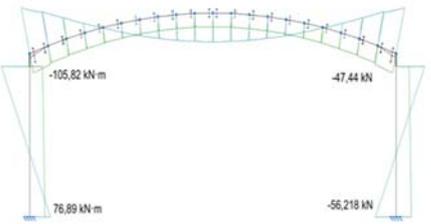
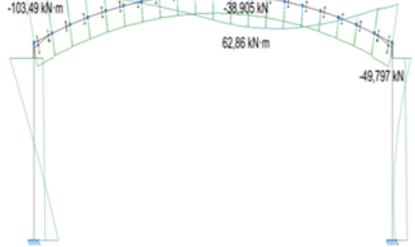
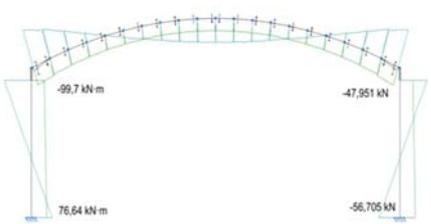
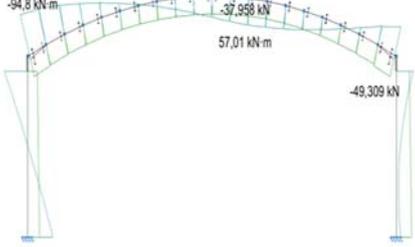
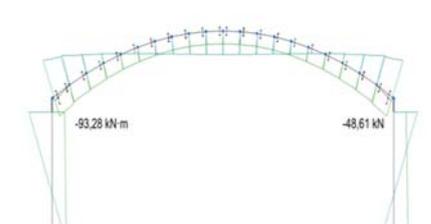
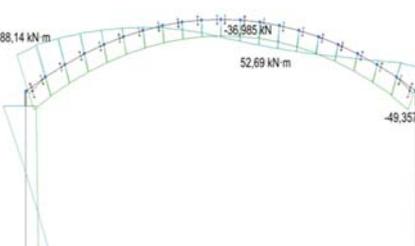
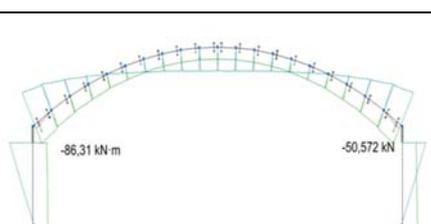
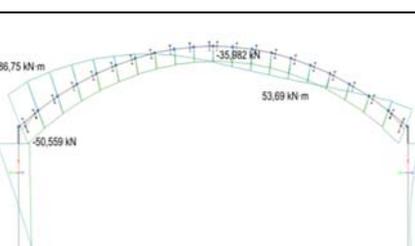
Tabla 2: Acero utilizado para el pórtico interior central.

ACERO	Pórtico interior central				
Altura de cumbrera (m)	7	7,5	8	8,5	9
Barras: Perfiles (kg)	1660,23	1666,98	1676,32	1688,26	1860,41
Uniones: Placas de anclaje (kg)	97,5	97,5	97,5	97,5	96,41
Cimentación: Zapatas (kg)	278	278	242,12	242,12	227,38
<b>TOTAL (kg)</b>	<b>2035,73</b>	<b>2042,48</b>	<b>2015,94</b>	<b>2027,88</b>	<b>2184,20</b>

Siendo para todas las configuraciones, la comprobación más desfavorable la de resistencia a flexión y axil combinados. Para los pilares bajo la combinación de hipótesis  $1,35 \cdot PP + 1,5 \cdot Q$  y para la jácena bajo la hipótesis  $1,35 \cdot PP + 1,5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0,75 \cdot N(EI)$ , con los diagramas de esfuerzo axil y momento flector mostrados en la tabla 3.

Pudiendo verse detalladas todas las comprobaciones en el anexo de cálculos del estudio paramétrico.

Tabla 3: Axil y momento flector de las peores combinaciones de hipótesis para el pórtico interior central

Altura cumbre (m)	Axil y momento flector Pilares (1,35·PP+1,5·Q)	Axil y momento flector jácena (1,35·PP+1,5·V(0°)H4+0,75·N(EI))
7	 <p>Diagrama de momentos flectores en pilares para altura 7m. Valores: -112,88 kN·m (izquierda), -47,071 kN (derecha), 75,87 kN·m (base izquierda), -55,866 kN (base derecha).</p>	 <p>Diagrama de momentos flectores en jácena para altura 7m. Valores: -111,25 kN·m (izquierda), -39,675 kN (centro), 69,38 kN·m (derecha), -48,656 kN (extremo derecha).</p>
7,5	 <p>Diagrama de momentos flectores en pilares para altura 7,5m. Valores: -105,82 kN·m (izquierda), -47,44 kN (derecha), 76,89 kN·m (base izquierda), -56,218 kN (base derecha).</p>	 <p>Diagrama de momentos flectores en jácena para altura 7,5m. Valores: -103,49 kN·m (izquierda), -38,905 kN (centro), 62,86 kN·m (derecha), -49,797 kN (extremo derecha).</p>
8	 <p>Diagrama de momentos flectores en pilares para altura 8m. Valores: -99,7 kN·m (izquierda), -47,951 kN (derecha), 76,64 kN·m (base izquierda), -56,705 kN (base derecha).</p>	 <p>Diagrama de momentos flectores en jácena para altura 8m. Valores: -94,8 kN·m (izquierda), -37,958 kN (centro), 57,01 kN·m (derecha), -49,309 kN (extremo derecha).</p>
8,5	 <p>Diagrama de momentos flectores en pilares para altura 8,5m. Valores: -93,28 kN·m (izquierda), -48,61 kN (derecha), 75,88 kN·m (base izquierda), -57,328 kN (base derecha).</p>	 <p>Diagrama de momentos flectores en jácena para altura 8,5m. Valores: -88,14 kN·m (izquierda), -36,985 kN (centro), 52,69 kN·m (derecha), -49,357 kN (extremo derecha).</p>
9	 <p>Diagrama de momentos flectores en pilares para altura 9m. Valores: -86,31 kN·m (izquierda), -50,572 kN (derecha), 71,02 kN·m (base izquierda), -59,123 kN (base derecha).</p>	 <p>Diagrama de momentos flectores en jácena para altura 9m. Valores: -86,75 kN·m (izquierda), -35,882 kN (centro), 53,69 kN·m (derecha), -50,559 kN (extremo derecha).</p>

Por tanto, si se toma como única solución del estudio paramétrico el pórtico interior central, se obtiene que la configuración más óptima para la cubierta es la 3, como se muestra en los datos de la tabla 2 y queda representado en la figura 3.

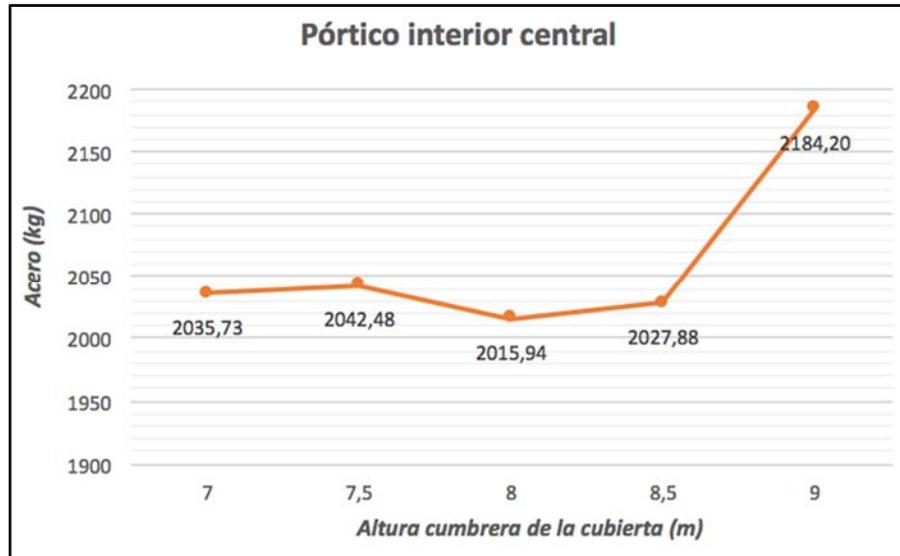


Figura 3: Acero empleado para cada configuración del pórtico interior central.

### 1.7.1.2. Pórtico de fachada

El elemento a estudiar es el pórtico de fachada, el cual se ha calculado bajo las combinaciones de las hipótesis de peso propio, sobrecarga de uso, nieve y viento para cada una de las configuraciones, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 4.

Tabla 4: Acero utilizado para el pórtico de fachada.

ACERO	Pórtico de fachada				
Altura de cumbrera (m)	7	7,5	8	8,5	9
Barras: Perfiles (kg)	1326,21	1374,22	1663,7	1724,57	1787,68
Uniones: Placas de anclaje (kg)	38,38	38,38	49,03	49,03	49,03
Cimentación: Zapatas (kg)	172,92	172,92	151,46	132,42	126,04
<b>TOTAL (kg)</b>	<b>1537,51</b>	<b>1585,52</b>	<b>1864,19</b>	<b>1906,02</b>	<b>1962,75</b>

Siendo para todas las configuraciones, la comprobación más desfavorable la de resistencia a flexión y axil combinados. Para los pilares exteriores bajo la combinación de hipótesis  $0,88 \cdot PP + 1,5 \cdot V(180)H2$ , para los pilares centrales bajo la combinación  $1,35 \cdot PP + 1,5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0,75 \cdot N(R)1$  y para la jácena bajo la combinación  $0,88 \cdot PP + 1,5 \cdot V(270)H1$ , con los diagramas de esfuerzo axil y momento flector mostrados en la tabla 5.

Pudiendo verse detalladas todas las comprobaciones en el anexo de cálculos del estudio paramétrico.

Tabla 5: Axil y momento flector para los pilares de las peores combinaciones de hipótesis para el pórtico de fachada.

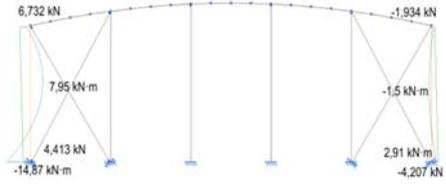
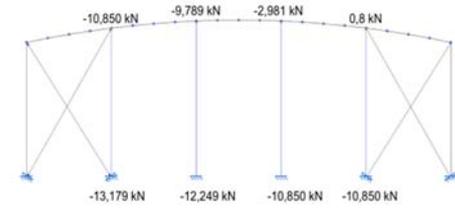
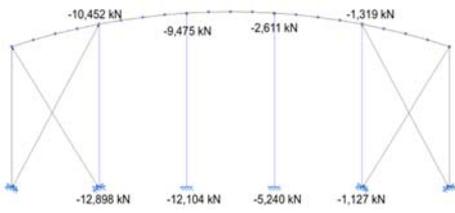
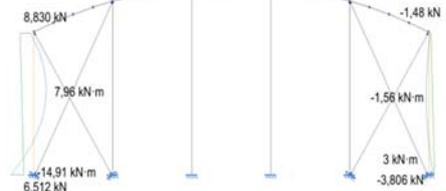
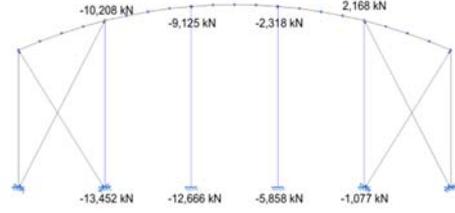
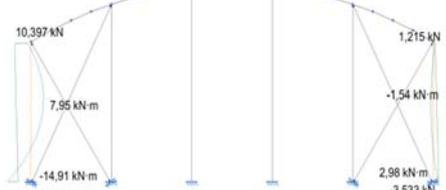
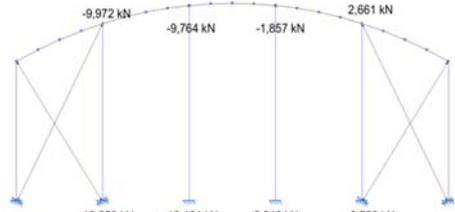
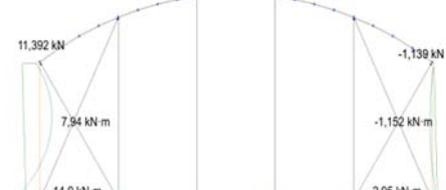
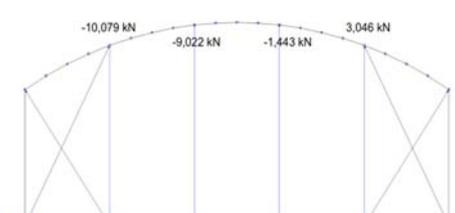
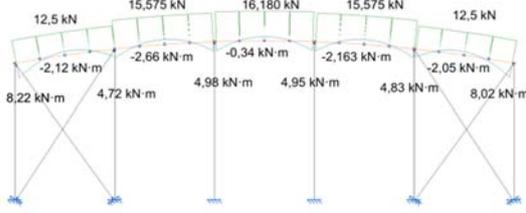
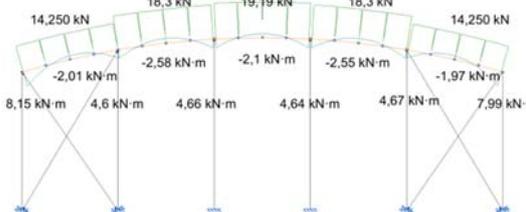
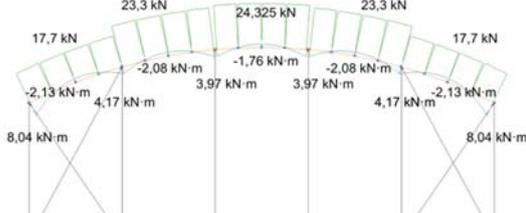
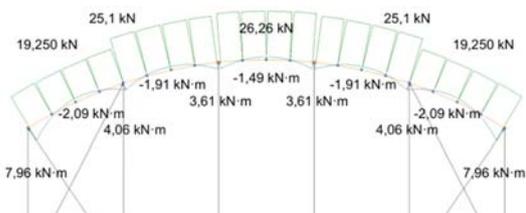
Altura de cumbrera (m)	Axil y momento flector Pilares exteriores ( $0,8 \cdot PP + 1,5 \cdot V(180)H2$ )	Axil Pilares interiores ( $1,35 \cdot PP + 1,5 \cdot V(180)H4 + 0,75 \cdot N(R)1$ )
7		
7,5		
8		
8,5		
9		

Tabla 6: Axil y momento flector para la viga de las peores combinaciones de hipótesis para el pórtico de fachada.

Altura de cumbrera (m)	Axil y momento flector Jácena (0,8·PP+1,5·V(270)H1)
7	
7,5	
8	
8,5	
9	

Por tanto, si se toma como única solución del estudio paramétrico el pórtico interior central, se obtiene que la configuración más óptima para la cubierta es la 1, como se muestra en los datos de la tabla 5 y 6 y queda representado en la figura 4.

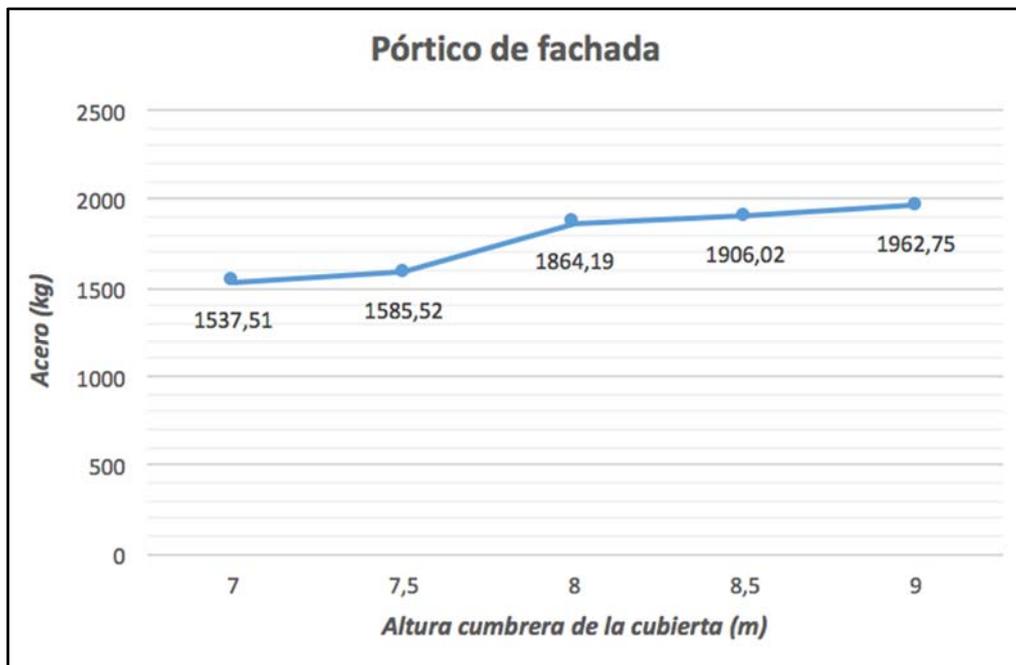


Figura 4: Acero empleado para cada configuración del pórtico de fachada.

### 1.7.1.3. Cubierta completa.

En este caso se estudia la cubierta completa, la cual queda compuesta por 2 pórticos de fachada, 5 pórticos interiores y el sistema contraviento, realizando así un estudio más realista.

Siendo todo ello calculado bajo las combinaciones de las hipótesis de peso propio, sobrecarga de uso, nieve y viento para cada una de las configuraciones, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 7.

Tabla 7: Acero utilizado para la cubierta.

ACERO	Cubierta				
	7	7,5	8	8,5	9
Altura de cumbrera (m)	7	7,5	8	8,5	9
Pórtico interior (kg)	2035,73	2042,48	2015,94	2027,88	2184,2
Nº Pórticos interiores	5	5	5	5	5
<b>Total Pórticos interiores (kg)</b>	<b>10178,65</b>	<b>10212,4</b>	<b>10079,7</b>	<b>10139,4</b>	<b>10921</b>
Pórtico de fachada (kg)	1383,97	1431,98	1732,91	1793,78	1856,89
Nº Pórticos de fachada	2	2	2	2	2
<b>Total Pórticos de fachada (kg)</b>	<b>2767,94</b>	<b>2863,96</b>	<b>3465,82</b>	<b>3587,56</b>	<b>3713,78</b>
<b>Sistema contraviento (kg)</b>	<b>2098,56</b>	<b>2101,25</b>	<b>2105,24</b>	<b>2109,63</b>	<b>2115,11</b>
<b>TOTAL (kg)</b>	<b>15045,15</b>	<b>15177,61</b>	<b>15650,76</b>	<b>15836,59</b>	<b>16749,89</b>

Por tanto, si se toma para solución del estudio paramétrico todos los elementos que forman la cubierta (2 pórticos de fachada, 5 pórticos interiores y el sistema de arriostramiento y contraviento) se obtiene que la configuración más óptima para la cubierta es la 1, como se muestra en los datos de la tabla 7 y queda representado en la figura 5.

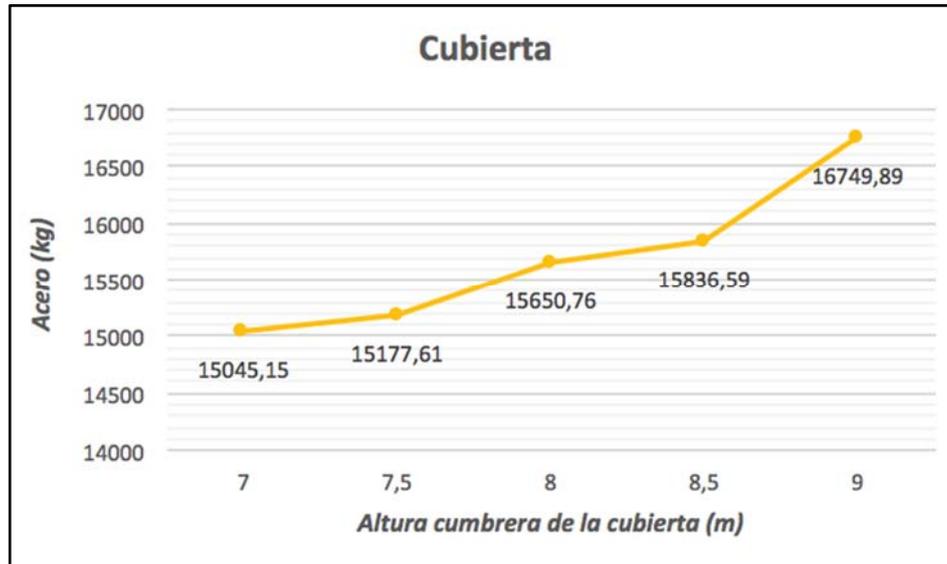


Figura 5: Acero empleado para cada configuración de la cubierta.

### 1.7.2. Solución adoptada

Para poder seleccionar la inclinación que optimiza la cubierta, desde el punto de vista de mínimo uso de material y por tanto que sea la más económica, se realiza una comparativa de los tres casos de estudio planteados, como se muestra en la figura 6.

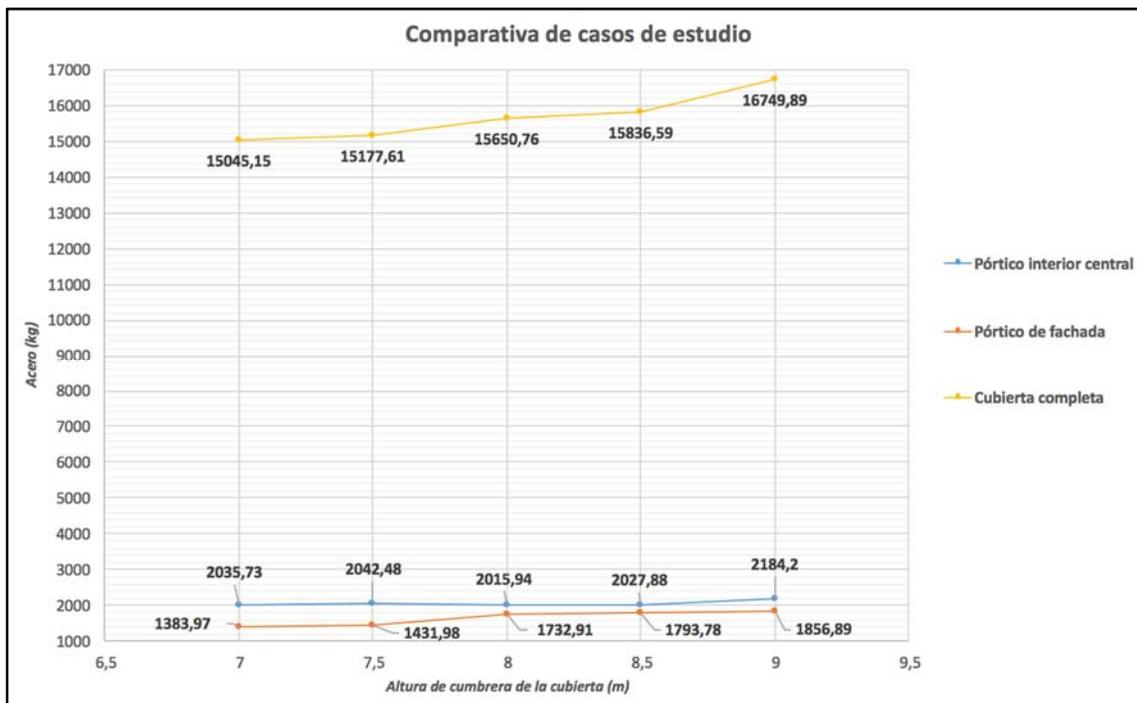


Figura 6: Acero empleado para cada configuración del pórtico de fachada.

Para el caso de estudio del pórtico interior central la configuración de cubierta más óptima es la que tiene una altura de cumbrera de 8 metros, con 2015,94 kg de acero para cada pórtico.

Para el caso de estudio del pórtico interior central la configuración de cubierta más óptima es la que tiene una altura de cumbrera de 7 metros, con 1383,97 kg de acero para cada pórtico.

Para el caso de estudio de cubierta completa, la configuración de cubierta más óptima es la que tiene una altura de cumbrera de 7 metros, con 15045,15 kg de acero necesarios para toda la estructura.

Así, considerando que todos los pórticos de la cubierta no son iguales, ya que todos no reciben las mismas cargas, se toman los pórticos de fachada distintos a los interiores, siendo éste el caso de estudio más realista.

Por tanto, la configuración óptima para la cubierta es la del caso de estudio de cubierta completa con una altura de cumbrera de 7 metros.

Ya que en los otros casos de estudiados, únicamente se analiza un pórtico interior o un pórtico de fachada, no pudiendo extrapolar los resultados obtenidos para obtener el acero necesario para constituir toda la cubierta al no cumplir con la configuración típica de este tipo de estructuras.

## 1.8. Dimensionado de la solución adoptada

### 1.8.1. Descripción de la cubierta

La cubierta diseñada y calculada es una cubierta ejecutada con perfiles de acero laminado, con una luz de 20,8 m y una longitud de 33 m, como se muestra en la figura 7. Esta compuesta por 7 pórticos separados a 5,5 m, con una altura de pilar de 6m y una altura de cumbrera de 7m,

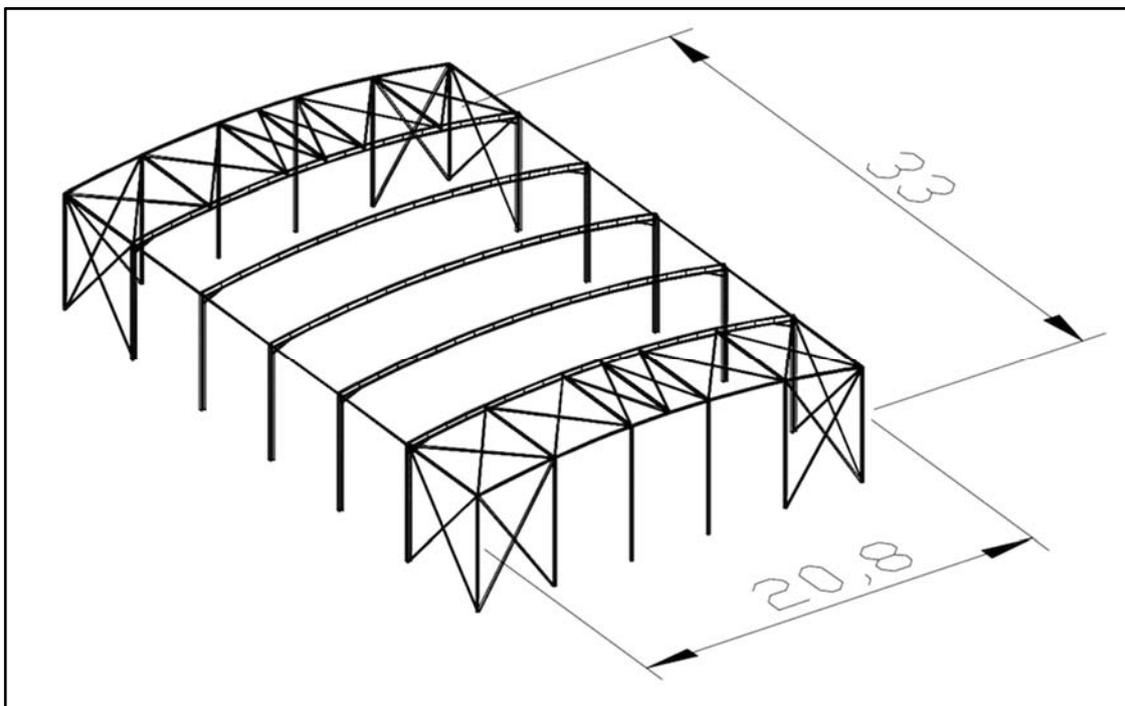


Figura 7: Vista 3D cubierta. Fuente: CYPE 3D. Unidades en metros (m)

En la estructura se distinguen dos tipos de pórticos, los 2 pórticos de fachada frontal formados por 6 pilares y una viga curva cada uno, y los 5 pórticos interiores, formados por dos pilares y una viga curva cada uno de ellos. Además del sistema de arriostramiento y el sistema contraviento, donde se emplean cruces de San Andrés y vigas Pratt.

### 1.8.2. Actuaciones previas

La parcela que alberga la piscina tiene una zona pavimentada alrededor de la misma, quedando delimitada dicha zona por la parte izquierda de la piscina por un pequeño murete con valla, por uno de los lados cortos por otro murete con valla donde además hay una pequeña estructura metálica para sombra y por el lado derecho por una zona ajardinada, tal y como se muestra en la figura 8.



Figura 8: Vista de la piscina. Fuente: Elaboración propia.

Dado que existen muros con valla y la pequeña estructura metálica, estos se derribaran para la ejecución de la cubierta metálica, quedando delimitada la zona de baño por la propia cubierta. Así las actuaciones previas a realizar son:

1. Derribo de los muretes.
2. Demolición de la pequeña estructura metálica.
3. Retirada de pavimento.
4. Limpieza de los escombros y desbroce del terreno.
5. Preparación del terreno para la excavación de las cimentaciones.
6. Transporte de las tierras y escombros a las zonas habilitadas del municipio o vertederos autorizados.

Todas las actuaciones se consideran en el presupuesto.

### 1.8.3. Cerramientos

Los cerramientos de la estructura son placas de policarbonato translúcido, permitiendo la entrada de luz natural y su aprovechamiento. Siendo las placas de los cerramientos de la cubierta de policarbonato celular de un espesor de 16mm y las de los laterales de policarbonato compacto de 5mm. Como se observa en las figuras 9 y 10.

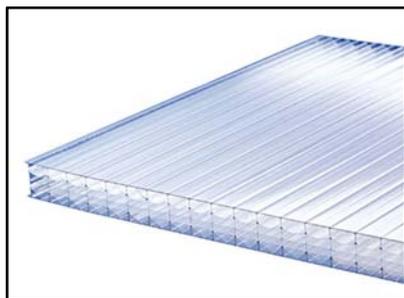


Figura 9: Placa policarbonato celular

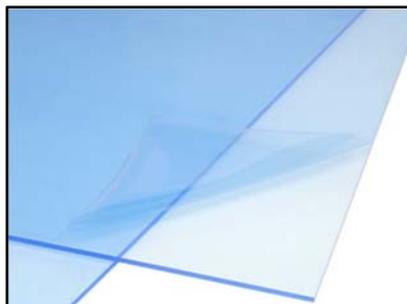


Figura 10: Placa policarbonato compacto

Las características principales de las placas utilizadas son las mostradas en la tabla 8.

Tabla 8: Características placas de policarbonato

Placas de policarbonato celular 16mm		Placas de policarbonato compacto 5mm	
Peso (kg/m <sup>2</sup> )	2,4	Peso (kg/m <sup>2</sup> )	6
T <sup>a</sup> de servicio máx. (°C)	+120	T <sup>a</sup> de servicio máx. (°C)	+120
Coef. Dilatación térmica lineal (mm/m·°C)	0,065	Coef. Dilatación térmica lineal (mm/m·°C)	0,065
Resistencia al impacto (Mpa)	> 60	Resistencia al impacto (Mpa)	> 60

La estanqueidad de la cubierta quedará asegurada con la instalación de juntas de neopreno en la uniones entre placas.

#### 1.8.4. Correas

Las correas son elementos que se encargan de transmitir las acciones permanentes y variables a los pórticos de la estructura, además de servir de sustento para los cerramientos.

Las correas empleadas tanto en la cubierta como en los laterales de la estructura son de perfil de acero conformado S235 de tipo CF 200x2. Quedando en la cubierta dispuestas con una separación entre ellas de 1m, con un total de 22 correas y en las fachadas laterales con una separación entre ellas de 1,2m, con 12 correas. Cumpliendo todas ellas con los criterios de seguridad.

#### 1.8.5. Estructura metálica

La construcción realizada es una cubierta de estructura metálica, la cual queda compuesta por varios elementos que constituyen los pórticos y que trabajan conjuntamente soportando las acciones de viento, nieve, peso propio y sobrecarga de uso a las que se expone la estructura.

Todas las comprobaciones realizadas para cada uno de los elementos se encuentran en el anexo de cálculo de la cubierta.

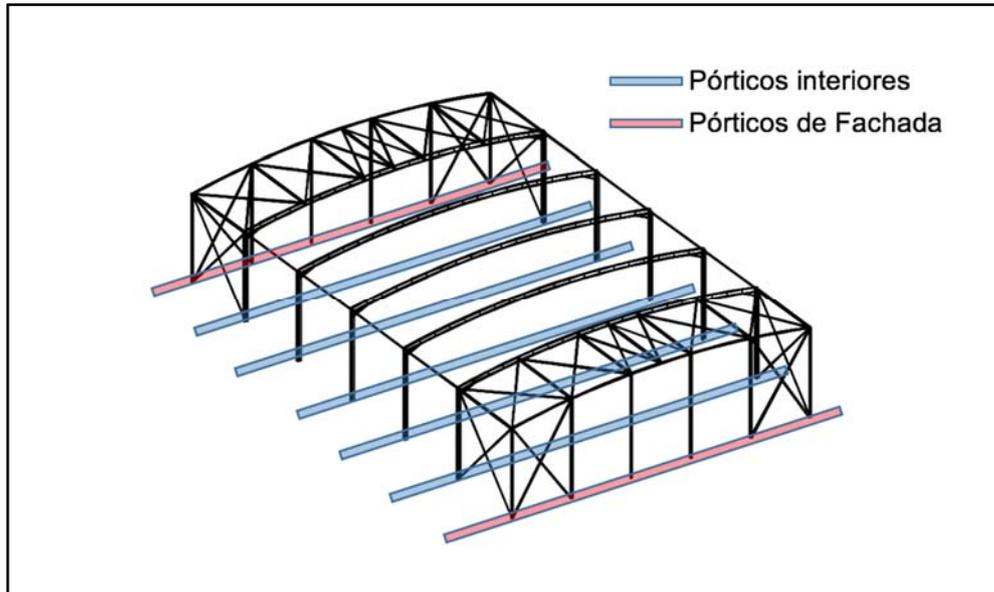


Figura 11: Pórticos de la cubierta.

#### 1.8.5.1. Pórtico de fachada

La cubierta cuenta con dos pórticos de fachada, los cuales tienen una tipología diferente al resto de pórticos de la estructura ya que deben hacer frente a la acción del viento frontal.

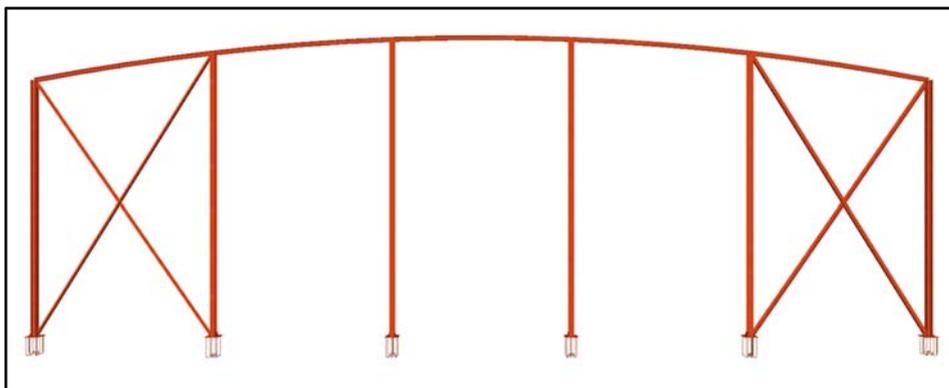


Figura 12: Vista frontal Pórtico de fachada. Fuente: CYPE 3D.

Cada uno de estos pórticos está compuesto por 6 pilares con perfiles de acero laminado HEB 120. Dentro de estos pilares, encontramos los dos pilares de esquina con una altura de 6m y cuatro hastiales, con dos de 6,64m y otros dos de 6,96m. Siendo la separación entre los pilares de 4,16 m.

La flecha límite y los coeficientes de pandeo para estos pilares se definen en la tabla 9.

Tabla 9: Flecha límite y coeficientes de pandeo pilares pórtico interior.

ELEMENTO	PANDEO		PANDEO LATERAL		FLECHA
	Plano del pórtico	Plano perpendicular al pórtico	Plano del pórtico	Plano perpendicular al pórtico	
Pilares hastiales Port. Fachada	$\beta = 0,7$	$\beta = 0,7$	$\beta_v = 0$	$\beta_v = 0$	$L/250$
Pilares de esquina Port. Fachada	$\beta = 0,7$	$\beta = 0,7$	$\beta_v = 0$	$\beta_v = 0$	$L/250$

La jácena de los pórticos de fachada queda compuesta por una viga curva con perfil de acero laminado IPE 100, cubriendo una luz de 20,8 m.

La flecha límite y la longitud de pandeo para la jácena se definen en la tabla 10.

Tabla 10: Flecha límite y longitudes o coeficientes de pandeo jácena pórtico interior.

ELEMENTO	PANDEO		PANDEO LATERAL		FLECHA
	Plano del pórtico	Plano perpendicular al pórtico	Plano del pórtico	Plano perpendicular al pórtico	
Jácena	$L_{ky} = \text{separación entre pilares (Luz/5)}$	$\beta = 0$	$\beta_v = 0$	$\beta_v = 0$	$L/300$

### 1.8.5.2. Pórtico interior

Los otros pórticos que forman la estructura son los 5 pórticos interiores, los cuales tienen la siguiente tipología.

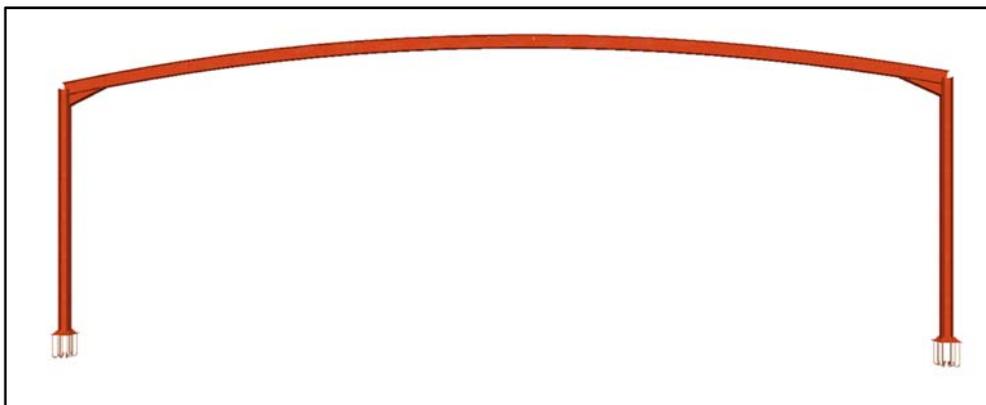


Figura 13: Vista frontal Pórtico interior. Fuente: CYPE 3D.

Cada uno de estos pórticos está compuesto por 2 pilares con perfiles de acero laminado HEB 200, con una altura de 6m. Siendo la separación entre los pilares 20,8m y la separación entre pórticos o crujía de 5,5m.

La flecha límite y los coeficientes de pandeo para estos pilares se definen en la tabla 11.

Tabla 11: Flecha límite y coeficientes de pandeo pilares pórtico interior.

ELEMENTO	PANDEO		PANDEO LATERAL		FLECHA
	Plano del pórtico	Plano perpendicular al pórtico	Plano del pórtico	Plano perpendicular al pórtico	Flecha límite
Pilares	$\beta = 1,4$	$\beta = 0,7$	$\beta_v = 0$	$\beta_v = 0$	$L/250$

La jácena de los pórticos interiores queda compuesta por una viga curva con perfil de acero laminado IPE 300 con cartelas en ambos extremos como refuerzos para aquellas zonas donde se alcanza el ELU de resistencia de la sección. Cubriendo la viga una longitud de 20,8 m, siendo ésta la luz de la cubierta.

La flecha límite y la longitud de pandeo para la jácena se definen en la tabla 10.

Tabla 12: Flecha límite y longitudes o coeficientes de pandeo jácena pórtico interior.

ELEMENTO	PANDEO		PANDEO LATERAL		FLECHA
	Plano del pórtico	Plano perpendicular al pórtico	Plano del pórtico	Plano perpendicular al pórtico	Flecha límite
Jácena	$L_{ky} = \text{separación entre pilares}$ (Luz/5)	$\beta = 0$	$\beta_v = 0$	$\beta_v = 0$	$L/300$

### 1.8.5.3. Sistema Contraviento

El sistema contraviento es el conjunto de elementos cuya función es contrarrestar la acción del viento y rigidizando la estructura. Está formado por los siguientes elementos: Vigas contraviento, cruces de San Andrés de fachada y laterales y vigas perimetrales.

#### 1.8.5.3.3. Viga Contraviento.

Se trata de un tipo de viga cuya función principal es transmitir a los apoyos los empujes del viento frontal.

Para la cubierta, la viga contraviento se ha resuelto mediante un viga tipo Pratt, quedando situada entre el pórtico de fachada y el primer pórtico interior, y con una configuración como se muestra en la figura 14, con las diagonales duplicadas para responder a la acción del viento también en la dirección opuesta.

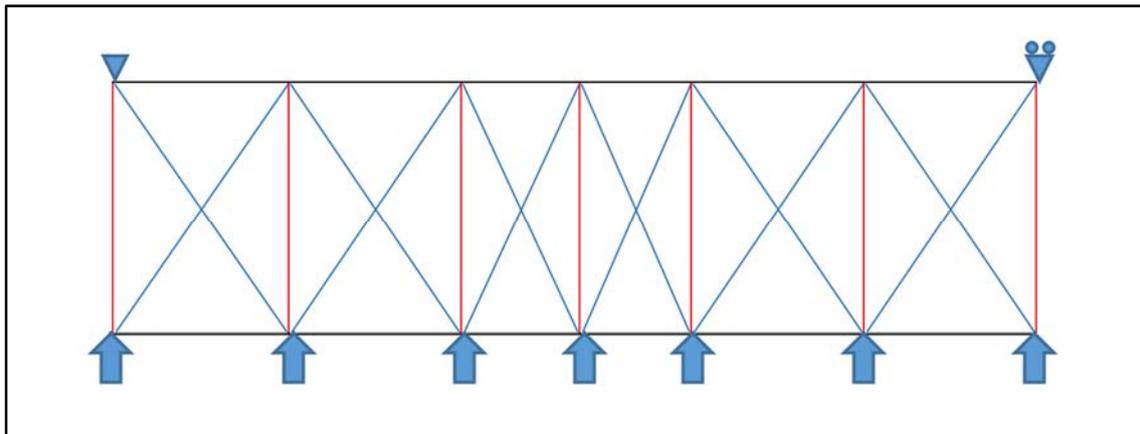


Figura 14: Viga contraviento tipo Pratt. Fuente: Elaboración Propia.

Las diagonales se han resuelto con perfiles angulares simétricos tipo L 75x75x6, mientras que los montantes con perfiles tubulares cuadrados laminados en caliente #90x3 y con una longitud de 5,5m.

#### 1.8.5.3.2. Cruz de San Andrés Fachada.

Se trata de un tipo de arriostramiento compuesto por tirantes, formando dos diagonales en ambos extremos de cada pórtico de fachada.

Estas diagonales se han resuelto con un perfil angular simétrico tipo L 80x80x5, como se muestra la figura 15, siendo comprobada la condición de esbeltez reducida máxima.

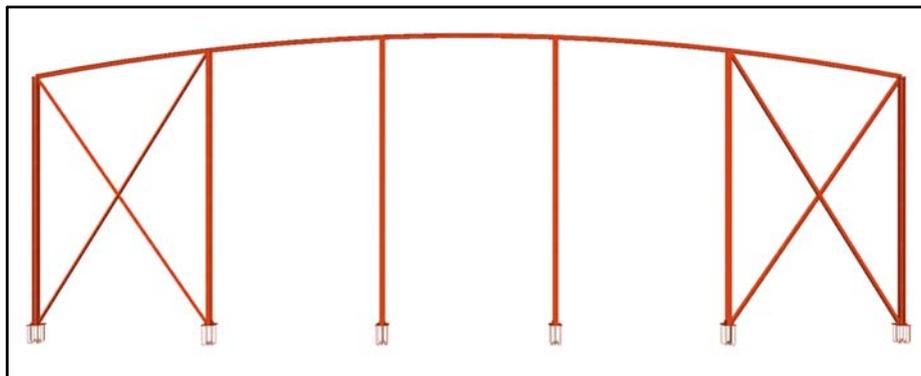


Figura 15: CSA Fachada. Fuente: CYPE 3D.

#### 1.8.5.3.3. Cruz de San Andrés Lateral.

Las cruces de San Andrés laterales forman el arriostramiento de la fachada lateral, permitiendo transmitir los esfuerzos del viento a la cimentación.

Éstas quedan situadas entre el pórtico de fachada y el primer pórtico interior, tal y como se muestra en la figura 16, siendo resueltas mediante perfiles angulares simétricos tipo L 80x80x5.

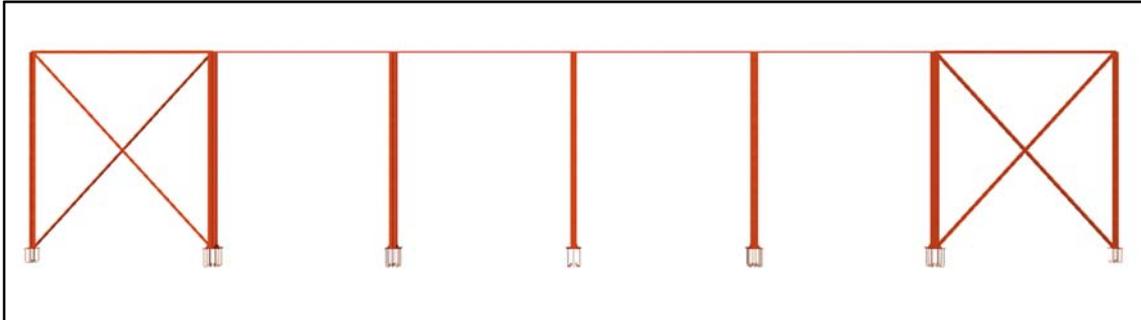


Figura 16: CSA Fachada. Fuente: CYPE 3D.

#### 1.8.5.3.4. Viga perimetral.

Es un elemento de arriostramiento que trabaja a tracción, canalizando cualquier empuje movilizado por intento de pandeo de los pórticos interiores a la Cruz de San Andrés y uniendo las cabezas de estos pórticos, como se muestra en la figura 17.

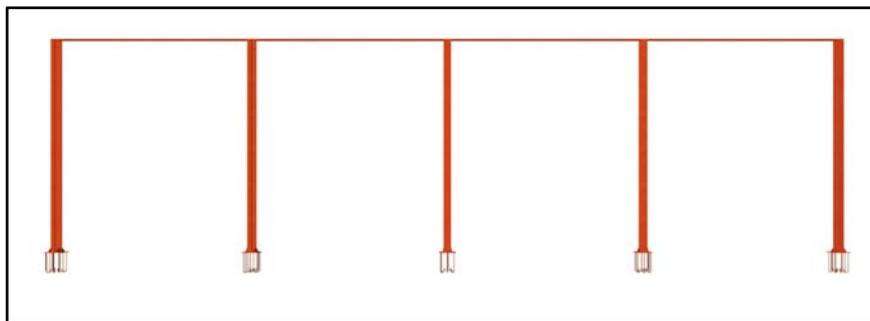


Figura 17: CSA Fachada. Fuente: CYPE 3D.

Éstas barras tienen una longitud de 5,5m y se han resuelto con perfiles tubulares cuadrados laminados en caliente #50x2.

#### **1.8.5.4. Placas de anclaje**

Estos elementos son los encargados de unir los pilares con la cimentación, y de transmitir las cargas del pilar a la cimentación.

Para la estructura diseñada se han obtenido tres tipos de placas de anclaje diferentes, las cuales se agrupan en tres grupos.

El primer grupo (Tipo 1), reúne las placas de anclaje de los pilares hastiales de los pórticos de fachada.

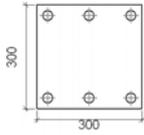
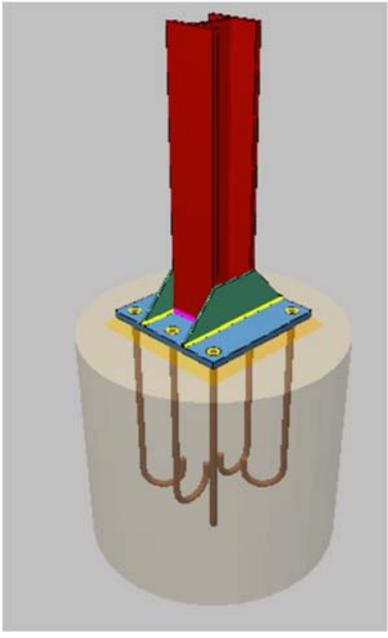
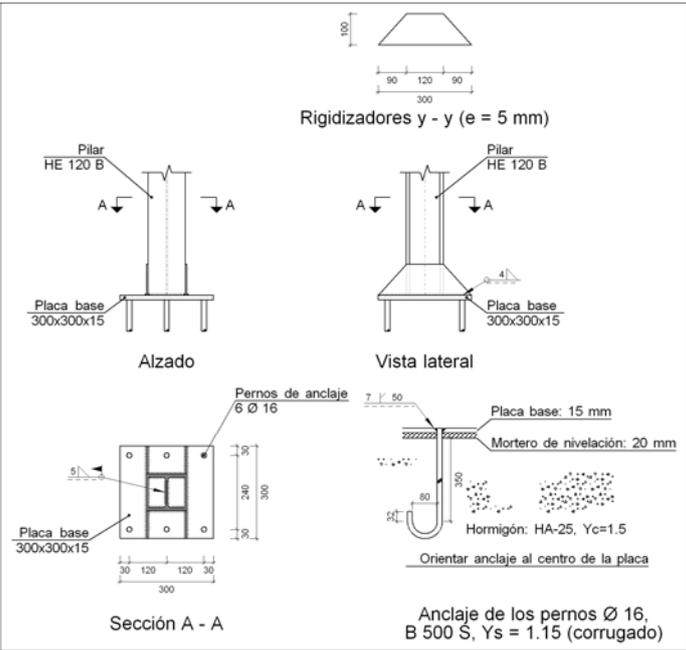
El segundo grupo (Tipo 2), reúne las placas de anclaje de los pilares de esquina de los pórticos de fachada.

El tercer grupo (Tipo 3), reúne las placas de anclaje de los pilares de los pórticos interiores.

### 1.8.5.4.1. Placa de anclaje tipo 1

En la tabla 13 se muestran las características principales de la placa de anclaje tipo 1.

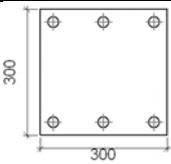
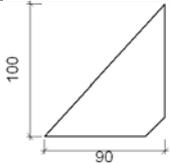
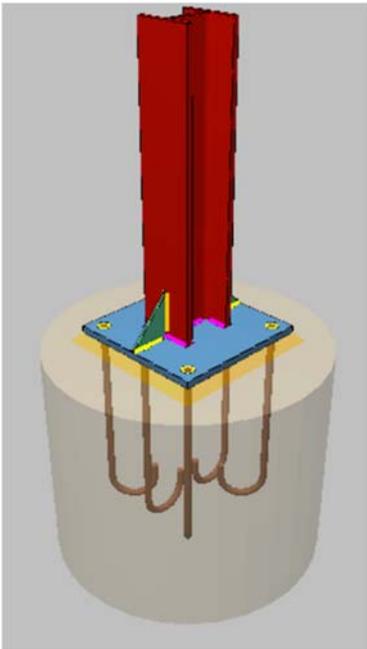
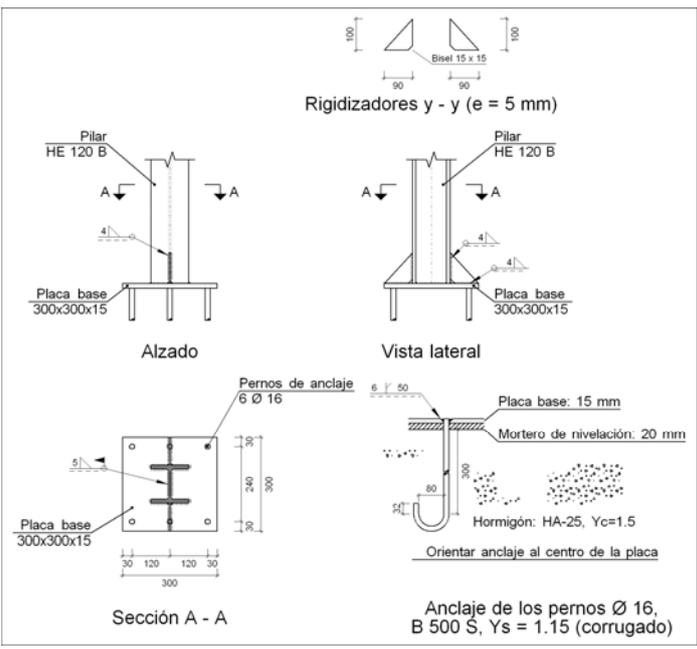
Tabla 13: Características placa de anclaje tipo 1.

Placa de anclaje tipo 1							
ELEMENTOS	Geometría				Material		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Acero	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Placa base		300	300	15	S275	275.0	410.0
Rigidizadores		300	100	5			
	Cantidad	Diámetro (mm)		Bisel (mm)	Acero	$f_y$ (MPa)	
Pernos	6	16		7	B500S	500	
Vista 3D				Detalle			
				 <p>Rigidizadores y - y (e = 5 mm)</p> <p>Pilar HE 120 B</p> <p>Placa base 300x300x15</p> <p>Alzado</p> <p>Vista lateral</p> <p>Pernos de anclaje 6 Ø 16</p> <p>Placa base: 15 mm</p> <p>Mortero de nivelación: 20 mm</p> <p>Hormigón: HA-25, Yc=1.5</p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p> <p>Anclaje de los pernos Ø 16, B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)</p>			

### 1.8.5.4.2. Placa de anclaje tipo 2

En la tabla 14 se muestran las características principales de la placa de anclaje tipo 2.

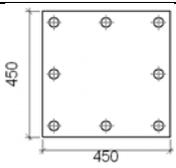
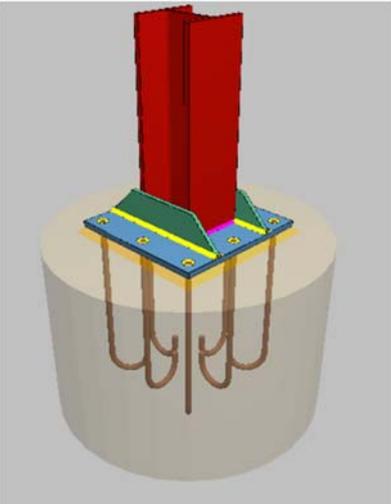
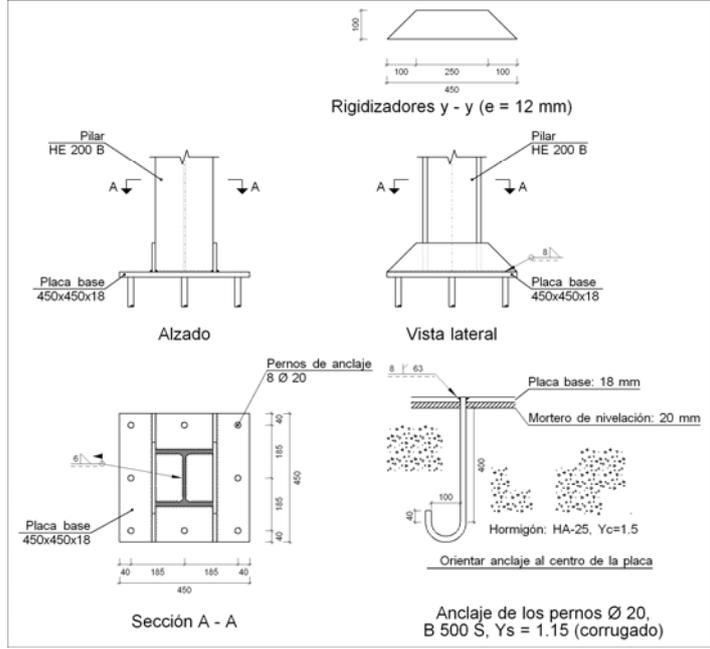
Tabla 14: Características placa de anclaje tipo 2.

Placa de anclaje tipo 2							
ELEMENTOS	Geometría				Material		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Acero	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Placa base		300	300	15	S275	275.0	410.0
Rigidizadores		90	100	5			
	Cantidad	Diámetro (mm)		Bisel (mm)	Acero	$f_y$ (MPa)	
Pernos	6	16		6	B500S	500	
<b>Vista 3D</b>				<b>Detalle</b>			
				 <p>Rigidizadores y - y (e = 5 mm)</p> <p>Pilar HE 120 B</p> <p>Placa base 300x300x15</p> <p>Alzado</p> <p>Vista lateral</p> <p>Pernos de anclaje 6 Ø 16</p> <p>Placa base: 15 mm</p> <p>Mortero de nivelación: 20 mm</p> <p>Hormigón: HA-25, <math>Y_c=1.5</math></p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p> <p>Anclaje de los pernos Ø 16, B 500 S, <math>Y_s = 1.15</math> (corrugado)</p>			

### 1.8.5.4.3. Placa de anclaje tipo 3

En la tabla 15 se muestran las características principales de la placa de anclaje tipo 3.

Tabla 15: Características placa de anclaje tipo 3.

Placa de anclaje tipo 3							
ELEMENTOS	Geometría				Material		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Acero	$f_y$ (MPa)	$f_u$ (MPa)
Placa base		450	450	18	S275	275.0	410.0
Rigidizadores		450	100	12			
	Cantidad	Diámetro (mm)		Bisel (mm)	Acero	$f_y$ (MPa)	
Pernos	8	20		8	B500S	500	
Vista 3D				Detalle			
				 <p>Rigidizadores y - y (e = 12 mm)</p> <p>Pilar HE 200 B</p> <p>Placa base 450x450x18</p> <p>Alzado</p> <p>Vista lateral</p> <p>Placa base: 18 mm</p> <p>Mortero de nivelación: 20 mm</p> <p>Hormigón: HA-25, <math>Y_c=1.5</math></p> <p>Orientar anclaje al centro de la placa</p> <p>Anclaje de los pernos <math>\varnothing 20</math>, B 500 S, <math>Y_s = 1.15</math> (corrugado)</p>			

### 1.8.6. Cimentación

La cimentación de la estructura es el sistema encargado de transmitir las cargas que actúan sobre ésta al terreno.

Ésta se ha ejecutado mediante zapatas aisladas de geometría cuadrada y rectangular unidas con vigas de atado. Compuestos estos elementos por hormigón HA-25 y armaduras de acero B500S.

Las zapatas han sido diseñadas con las dimensiones mínimas necesarias cumpliendo con las limitaciones de vuelco, deslizamiento y tensión admisible del terreno. Diferenciando dos tipos de zapatas.

El primer grupo de zapatas (Tipo 1), reúne las zapatas de los pilares de los pórticos interiores de la estructura.

El segundo grupo de zapatas (Tipo 2), reúne las zapatas de los pilares de los pórticos de fachada.

La disposición de todos los elementos que forman la cimentación se muestra en la figura 18.

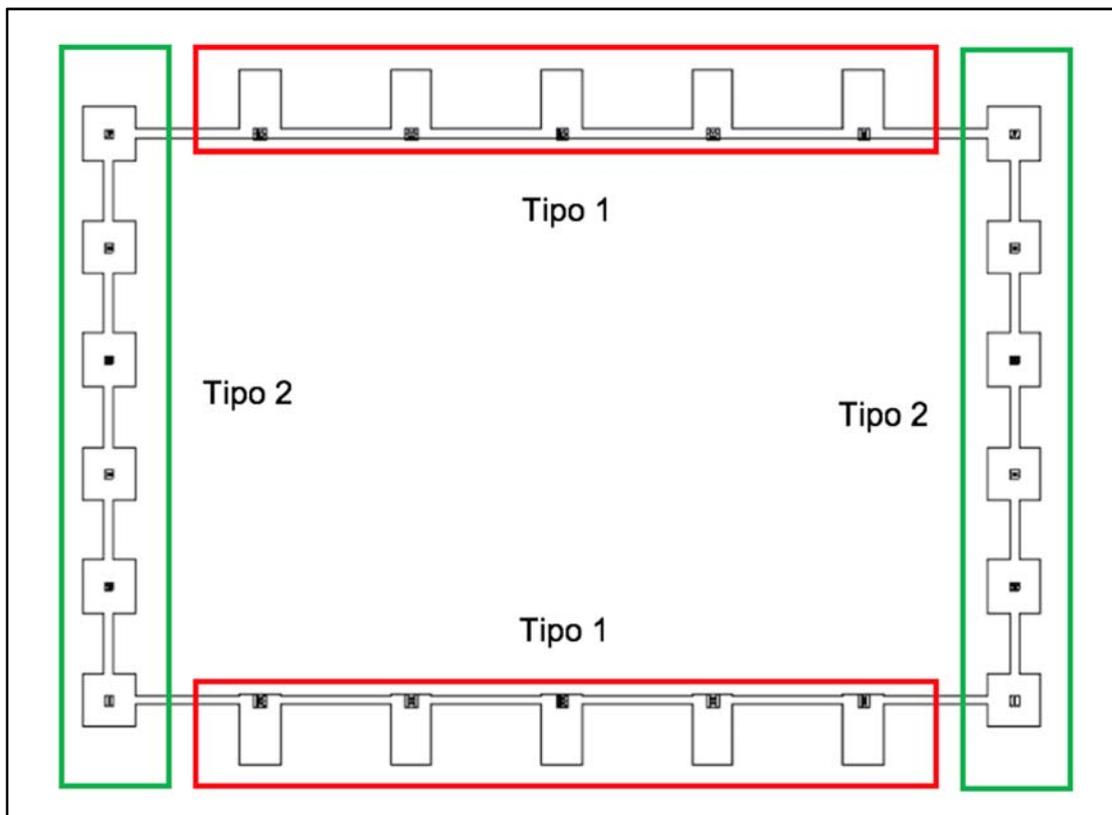
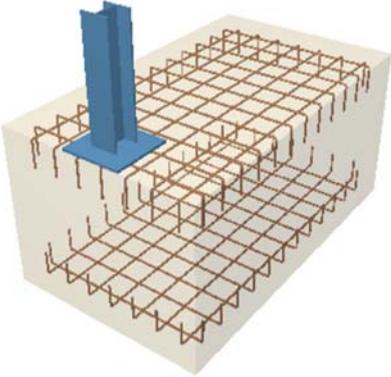
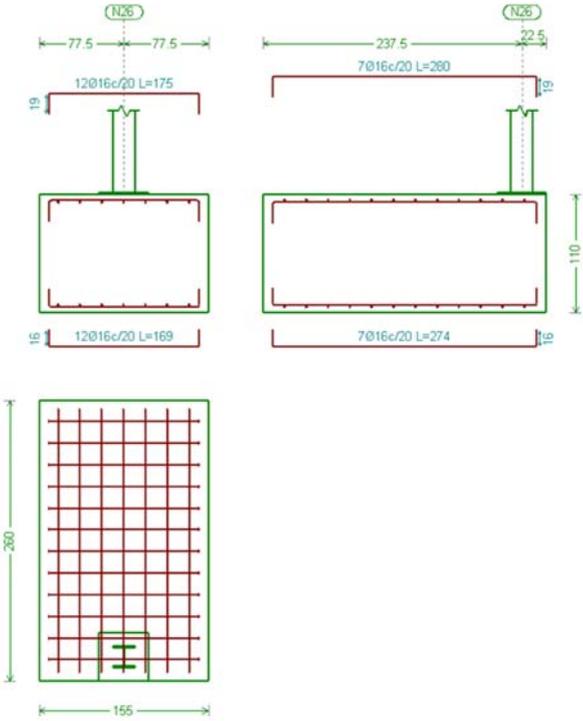


Figura 18: Disposición de los elementos de la cimentación. Fuente: CYPE 3D.

### 1.8.6.1. Zapata tipo 1

En la tabla 16 se muestran las características principales de la zapatas tipo 1.

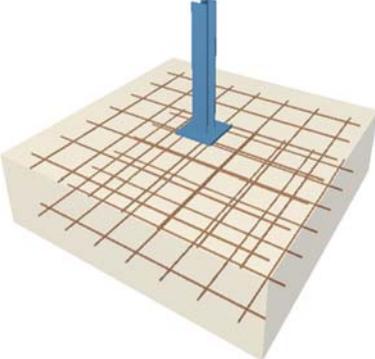
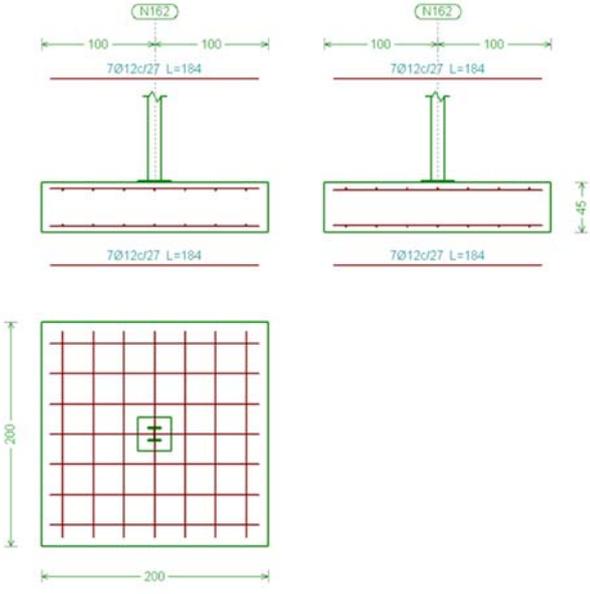
Tabla 16: Características zapata tipo 1.

Zapata tipo 1				
Geometría				Material
<i>Tipología</i>	<i>Ancho X (mm)</i>	<i>Ancho Y (mm)</i>	<i>Canto (mm)</i>	HA-25
Zapata rectangular excéntrica	155	260	110	
Armaduras				Material
<i>Superior X</i>	<i>Inferior X (mm)</i>	<i>Superior Y (mm)</i>	<i>Inferior Y (mm)</i>	B500S
12Ø16c/20	7Ø16c/20	12Ø16c/20	7Ø16c/20	
Vista 3D		Detalle		
				

### 1.8.6.2. Zapata tipo 2

En la tabla 17 se muestran las características principales de la zapatas tipo 2.

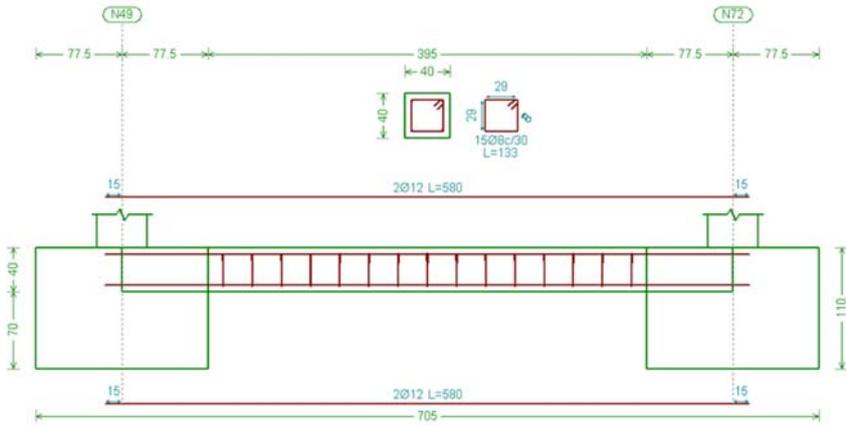
Tabla 17: Características zapata tipo 2.

Zapata tipo 2				
Geometría				Material
Tipología	Ancho X (mm)	Ancho Y (mm)	Canto (mm)	HA-25
Zapata rectangular excéntrica	200	200	45	
Armaduras				Material
Superior X	Inferior X (mm)	Superior Y (mm)	Inferior Y (mm)	B500S
7Ø12c/27	7Ø12c/27	7Ø12c/27	7Ø12c/27	
Vista 3D		Detalle		
				

### 1.8.6.3. Viga de atado tipo 1

Las vigas de atado unen las zapatas de los pilares. En la tabla 18 se muestran las características principales las vigas de atado de las zapatas de las fachadas laterales.

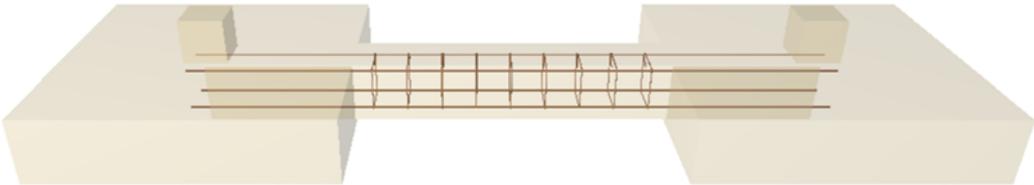
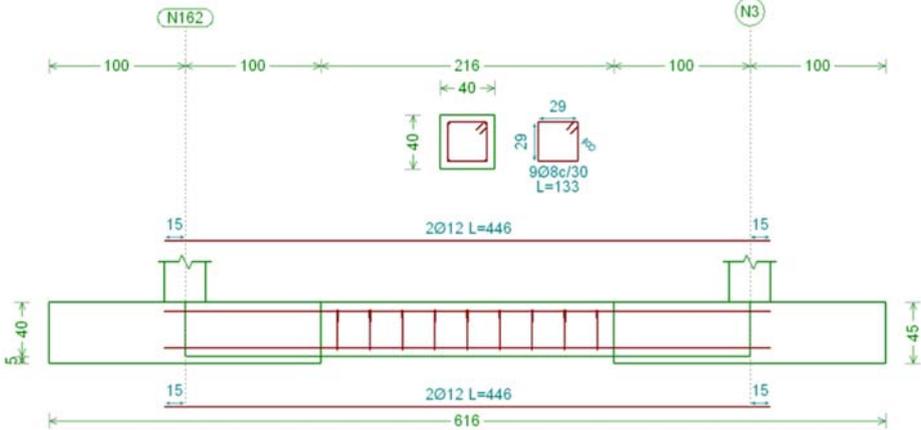
Tabla 18: Características viga de atado tipo 1.

Viga de atado			
Geometría			Material
<i>Ancho X (mm)</i>		<i>Ancho Y (mm)</i>	
40		40	
HA-25			
Armaduras			Material
<i>Superior</i>	<i>Inferior</i>	<i>Estribos</i>	
2Ø12	2Ø12	14Ø8c/30	
B500S			
Vista 3D			
			
Detalle			
			

#### 1.8.6.4. Viga de atado tipo 2

En la tabla 19 se muestran las características principales de las vigas de atado, las cuales unen las zapatas de los pilares de los pórticos de fachada.

Tabla 19: Características viga de atado tipo 2.

Viga de atado			
Geometría			Material
Ancho X (mm)		Ancho Y (mm)	
40		40	
Armaduras			Material
Superior	Inferior	Estribos	
2Ø12	2Ø12	9Ø8c/30	
B500S			
Vista 3D			
			
Detalle			
<p>C.1</p> 			

## 1.9. Materiales

En el dimensionado, cálculo y futura consecución de este proyecto se han utilizado diversos materiales: el acero para toda la estructura metálica incluidos los armados de la cimentación, el hormigón para las cimentaciones, placas de policarbonato para los cerramientos laterales y de cubierta y una imprimación sintética y un esmalte sintético como protección anticorrosiva del acero. Siendo la normativa utilizada para el acero, el Código Técnico de la Edificación y para el hormigón la Instrucción Española del Hormigón Estructural EHE 08.

Los diferentes materiales empleados se citan en la tabla 20, así como la utilización de los mismos.

Tabla 20: Materiales y usos en la estructura.

Material	Usos
<i>Acero conformado en frío S235-JR</i>	Correas de cubierta y laterales
<i>Acero laminado en caliente S275-JR</i>	Vigas, pilares, perfiles del sistema contraviento, placas de anclaje
<i>Acero B500-S</i>	Pernos de las placas de anclaje, armado cimentación.
<i>HA-25</i>	Vigas de atado y zapatas
<i>Placas policarbonato celular</i>	Cerramientos de cubierta
<i>Placas policarbonato compacto</i>	Cerramientos laterales
<i>Imprimación sintética + Esmalte sintético</i>	Protección anticorrosión del acero

Las principales características de estos materiales son las siguientes:

### Acero

Se trata de un material compuesto por hierro y una cantidad variable de carbono entre 0,03 % y el 2,14 % en masa de su composición.

Es un material estructural por excelencia, puesto que resuelve con éxito los planteamientos estructurales de: soportar el peso con pilares de dimensiones reducidas, resistir el empuje ante el vuelco y evitar movimientos debidos a la acción del viento.

- Acero conformado en frío S235-JR

*Tabla 21: Características mecánicas acero conformado S235-JR. Fuente: Elaboración propia*

Característica mecánica	Valor	Unidades
<b>Módulo de elasticidad (E)</b>	210	Mpa
<b>Módulo de rigidez (G)</b>	81	Mpa
<b>Coefficiente de Poisson (<math>\mu</math>)</b>	0,3	-
<b>Límite elástico (<math>f_y</math>)</b>	235	Mpa
<b>Tensión de rotura (<math>f_u</math>)</b>	360	Mpa
<b>Coefficiente parcial de seguridad (<math>\gamma_M</math>)</b>	1,05	-
<b>Coefficiente de dilatación térmica (<math>\alpha</math>)</b>	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$^{\circ}\text{C}^{-1}$
<b>Densidad (<math>\gamma</math>)</b>	78,5	kN/m <sup>3</sup>

- Acero laminado en caliente S275-JR

*Tabla 22: Características mecánicas acero laminado en caliente S275-JR. Fuente: Elaboración propia*

Característica mecánica	Valor	Unidades
<b>Módulo de elasticidad (E)</b>	210	Mpa
<b>Módulo de rigidez (G)</b>	81	Mpa
<b>Coefficiente de Poisson (<math>\mu</math>)</b>	0,3	-
<b>Límite elástico (<math>f_y</math>)</b>	275	Mpa
<b>Tensión de rotura (<math>f_u</math>)</b>	410	Mpa
<b>Coefficiente parcial de seguridad (<math>\gamma_M</math>)</b>	1,05	-
<b>Densidad (<math>\gamma</math>)</b>	78,5	kN/m <sup>3</sup>

- Acero B500-S

Tabla 23: Características mecánicas acero B500-S. Fuente: Elaboración propia

Característica mecánica	Valor	Unidades
<b>Módulo de elasticidad (E)</b>	210	Mpa
<b>Coefficiente de Poisson (<math>\mu</math>)</b>	0,3	-
<b>Límite elástico (<math>f_y</math>)</b>	500	Mpa
<b>Tensión de rotura (<math>f_s</math>)</b>	550	Mpa
<b>Coefficiente parcial de seguridad (<math>\gamma_M</math>)</b>	1,15	-
<b>Relación <math>f_s/f_y</math></b>	1,05	°C <sup>-1</sup>
<b>Densidad (<math>\gamma</math>)</b>	78,5	kN/m <sup>3</sup>
Es una acero soldable		

### Protección anticorrosión

Consiste en la imprimación sintética de 60  $\mu$ m de secado rápido y rica en zinc de los perfiles que forman los pilares, las vigas y los sistemas de arriostramiento. Con un posterior pintado con una capa de 60  $\mu$ m con esmalte sintético de secado rápido y del color que elija el cliente, basado en resina alquídica modificada, proporcionando un recubrimiento flexible y resistente a las deformaciones mecánicas.

Las principales características son:

Tabla 24: Características Imprimación sintética. Fuente: Elaboración propia

Características Imprimación sintética	Valor	Unidades
<b>Secado al tacto</b>	15-30 a 20 °C	Minutos
<b>Rendimiento</b>	5-8	m <sup>2</sup> /L
<b>Peso específico</b>	1,34 $\pm$ 0,05	Kg/L
<b>Acabado</b>	Mate	
<b>Recomendaciones</b>		
<p>-El soporte debe estar exento de productos extraños, óxidos y/o residuos.            -Aplicar sobre soportes bien desengrasados, sin polvo y secos.            -Antes de aplicar un acabado es necesario un pretratamiento para eliminar los posibles puntos de óxido, siendo el ideal un Chorreado Abrasivo, el cual permite la máxima rentabilidad del producto a largo plazo.            -Es tan importante la calidad del pretratamiento como la calidad de la imprimación y pintura.            -Si por exigencias de los costos iniciales, el Chorreado Abrasivo no es viable, debemos eliminar el óxido, al menos mediante cepillado, lijado u otro medio mecánico.</p>		

Tabla 25: Características Esmalte sintético. Fuente: Elaboración propia

Características Esmalte sintético	Valor	Unidades
<b>Secado al tacto</b>	15-20 a 20 °C	Minutos
<b>Rendimiento</b>	10-12	m <sup>2</sup> /L
<b>Peso específico</b>	1,1-1,2	Kg/L
<b>Acabado</b>	Satinado	
<b>Color</b>	Blanco o colores según carta RAL	
<b>Recomendaciones</b>		
Antes de aplicar este esmalte asegúrese que la superficie a pintar este libre de grasas, polvo, oxido o cualquier otro contaminante.		

### Hormigón

Es un material pétreo obtenido a partir de un mezcla proporcional de cemento, agua, áridos, aditivos y adiciones.

El hormigón a emplear en las cimentaciones es hormigón armado, el cual está formado por hormigón y por armaduras de acero, debidamente calculadas y situadas. Resistiendo el hormigón los esfuerzos de compresión y las armaduras de acero los esfuerzos de tracción.

- Hormigón armado HA-25

Tabla 26: Características mecánicas HA-25. Fuente: Elaboración propia

Característica mecánica	Valor	Unidades
<b>Resistencia característica (<math>f_{ck}</math>)</b>	25	Mpa
<b>Densidad (<math>\gamma</math>)</b>	2200-2400	kg/m <sup>3</sup>

### Policarbonato

El Policarbonato es un termoplástico con propiedades muy interesantes en cuanto a resistencia al impacto, resistencia al calor, transparencia óptica que permite el aprovechamiento de la luz natural y reciclable.

- Placas policarbonato celular

Tabla 27: Características mecánicas placas de policarbonato celular. Fuente: Elaboración propia

Característica mecánica	Valor	Unidades
<b>Límite elástico (<math>f_y</math>)</b>	65	Mpa
<b>Temperatura de servicio máxima</b>	Hasta 120	°C
<b>Coefficiente dilatación térmica lineal</b>	0,065	mm/m·°C
<b>Resistencia al impacto</b>	> 60	Mpa
<b>Densidad (<math>\gamma</math>)</b>	0,15	g/m <sup>3</sup>

- Placas policarbonato compacto

Tabla 28: Características mecánicas placas de policarbonato compacto. Fuente: Elaboración propia

Característica mecánica	Valor	Unidades
<b>Límite elástico (<math>f_y</math>)</b>	65	Mpa
<b>Temperatura de servicio máxima</b>	Hasta 120	°C
<b>Coefficiente dilatación térmica lineal</b>	0,065	mm/m·°C
<b>Resistencia al impacto</b>	> 60	Mpa
<b>Densidad (<math>\gamma</math>)</b>	1,2	g/m <sup>3</sup>

## 1.10. Resultado final

A partir del estudio paramétrico realizado para la obtención de la curvatura óptima de la cubierta de la piscina, se ha obtenido como configuración óptima la de 2 pórticos de fachada y 5 pórticos interiores con una altura de cumbrera de 7m, y se ha diseñado la estructura de cubrición completa, partiendo de los perfiles empleados en el mencionado estudio.

Los pórticos de fachada de la estructura están compuestos por seis pilares (dos de esquina y cuatro hastiales), con perfiles HEB 120 y la jácena por un perfil curvo IPE100, correspondiéndose dichos perfiles con los empleados para los pilares hastiales y la jácena en el estudio paramétrico y viéndose únicamente modificados con respecto al estudio realizado los perfiles de los pilares de esquina. Esto es debido a que las cargas generadas por peso propio del sistema de arriostramiento no quedaban contempladas en el mismo.

Los pórticos interiores están constituidos por dos pilares HEB 200 y una viga curva IPE300 con cartelas en sus extremos, tal y como se ha obtenido en el estudio paramétrico.

Y además, la estructura dispone de un sistema de arriostramiento constituido por vigas contraviento con perfiles angulares simétricos L 75x75x6 para las diagonales y perfiles tubulares cuadrados #90x3 para los montantes, cruces de San Andrés laterales y de fachada con perfil angular simétrico L 80x80x5 y vigas perimetrales con perfiles tubulares cuadrados #50x2.

Por tanto, la cantidad de acero empleado para la estructura metálica de la cubierta es de 16605,22 kg, tal y como se observa en las siguientes tablas de medición correspondientes a los elementos estructurales, siendo superior a los 15045,15 kg obtenidos en el estudio paramétrico al no considerarse parte del sistema de arriostramiento en éste.

Con un presupuesto total de la obra de ochenta y ocho mil veintisiete euros con sesenta y dos céntimos.

Tabla 34: Presupuesto. Fuente: Elaboración propia

<b>Total Demoliciones y movimientos de tierras</b>	<b>5.038,05 €</b>
<b>Total Cimentación superficial</b>	<b>12.829,43 €</b>
<b>Total Cimentación superficial</b>	<b>24.325,19 €</b>
<b>Total Cubierta</b>	<b>39.476,58 €</b>
<b>Total Proyecto y permisos</b>	<b>6.358,38 €</b>
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>88.027,62 €</b>

Perfilería:

Tabla 29: Resumen medición perfilería. Fuente: Cype 3D

Resumen de medición Perfilería													
Material Tipo	Designación	Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso			
				Perfil (m)	Serie (m)	Materia l (m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Materia l (m³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)	
Acero laminado	S275	HEB	HE 120 B	78.400			0.267			2092.50			
			HE 200 B	60.000			0.469			3678.51			
					138.400			0.735			5771.01		
			IPE 100	41.854			0.043			338.41			
			IPE 300, Simple con cartelas	10.572			0.076			650.03			
			IPE 300	94.064			0.506			3972.60			
		IPE				146.490			0.625		4961.04		
			#50x2	44.000			0.016			127.78			
			#90x3	77.000			0.078			610.34			
		Huecos cuadrados					121.000			0.094		738.11	
			L 80 x 80 x 5	125.173			0.098			772.33			
			L 75 x 75 x 6	157.676			0.138			1080.56			
					282.849			0.236			1852.89		
L					688.739			1.690		13323.05			

Correas:

Tabla 30: Resumen medición correas. Fuente: Cype Generador de precios

Resumen medición de correas			
Tipo de correas	Nº de correas	Peso lineal kg/m	Peso superficial kN/m²
Correas de cubierta	22	119.46	0.06
Correas laterales	12	65.16	0.03

Placas de anclaje:

Tabla 31: Resumen medición placas de anclaje. Fuente: Cype 3D

Resumen medición placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	12	300x300x15	127.17
		10	450x450x18	286.13
	Rigidizadores pasantes	16	300/120x100/0x5	13.19
		20	450/250x100/0x12	65.94
	Rigidizadores no pasantes	8	90/0x100/0x5	1.41
		Total		
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	48	Ø 16 - L = 401 + 183	44.23
		24	Ø 16 - L = 351 + 183	20.22
		80	Ø 20 - L = 458 + 228	135.44
		Total		

Cimentación:

Tabla 32: Resumen medición zapatas. Fuente: Cype 3D

Resumen medición zapatas					
Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)			Hormigón (m <sup>3</sup> )	
	Ø12	Ø16	Total	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
TIPO 1: N26, N49, N72, N95 y N118		5x139.00	695.00	5x4.43	5x0.40
TIPO 1: N116, N93, N70, N47 y N24		5x139.00	695.00	5x4.43	5x0.40
Tipo 2: N3, N1, N139, N141, N162, N163, N164, N165, N166, N167, N168 y N169	12x50.34		604.08	12x1.80	12x0.40
Totales	604.08	1390.00	1994.08	65.93	8.83

Vigas de atado:

Tabla 33: Resumen medición vigas de atado. Fuente: Cype 3D

Resumen medición vigas de atado					
Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)			Hormigón (m <sup>3</sup> )	
	Ø8	Ø12	Total	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Tipo 1: C [N3-N26], C [N26-N49], C [N49-N72], C [N72-N95], C [N95-N118], C [N118-N141], C [N139-N116], C [N116-N93], C [N93-N70], C [N70-N47], C [N47-N24] y C [N24-N1]	12x8.09	12x22.66	369.00	12x0.60	12x0.15
Tipo 2: C [N141-N169], C [N169-N168], C [N168-N167], C [N167-N166], C [N166-N139], C [N1-N165], C [N165-N164], C [N164-N163], C [N163-N162] y C [N162-N3]	10x5.20	10x17.42	226.20	10x0.35	10x0.09
Totales	149.08	446.12	595.20	10.61	2.65

# 2. ANEXO DE CÁLCULOS

## 2.1. Anexo de cálculos del estudio paramétrico

### 2.1.1. Procedimiento de diseño y dimensionado de los pórticos

Para realizar el pórtico tipo a estudiar, se utiliza el módulo generador de pórticos de CYPE. En el cual se genera un nuevo pórtico a dos aguas con una celosía americana como tipo de cubierta, definiéndose la altura de los pilares, de la cumbrera, la luz de la cubierta y los tramos en los que se divide la jácena, siendo 20 tramos.

Una vez definida la geometría de la cubierta se introducen los diferentes parámetros necesarios para el cálculo, introduciendo el número de vanos, la separación entre vanos, el peso de los cerramientos y la normativa para el cálculo de sobrecarga de viento y nieve.

Tras esto se definen las características de las correas a emplear (límite de flecha, el tipo de fijación, el tipo de perfil, el material utilizado, etc), se comprueban y se exporta al módulo CYPE 3D, generando un pórtico aislado para cada caso de estudio.

Hecha la exportación, se define en primer lugar la normativa de aplicación para el cálculo y las características de los perfiles y hormigón armado a emplear.

En segundo lugar, se ajusta la geometría de la jácena, borrando aquellos nudos y barras que no son necesarias y ajustando las otras barras a las diferentes configuraciones curvas que se plantean (altura de cumbrera: 7m, 7,5m, 8m, 8,5m y 9m).

En tercer lugar, se ajustan y se introducen las cargas a las diferentes barras de cada pórtico, ya que al modificar la geometría del pórtico, algunas de las cargas generadas son modificadas.

En cuarto lugar, se describen los perfiles a utilizar, las condiciones de pandeo, de flecha máxima, así como las placas de anclaje y la cimentación.

Y por último, se realiza el cálculo y se editan los perfiles en caso de no cumplir las comprobaciones.

### 2.1.2. Normas consideradas

Cimentación: EHE-08

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

**Categoría de uso:** G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables

## 2.1.3. Comprobaciones

### 2.1.3.1. Pórtico interior central

#### 2.1.3.1.1. Altura de cumbrera 7 m

Los elementos considerados en las comprobaciones son las barras del pórtico ya que las placas de anclaje y las cimentaciones son de dimensiones similares en todas las configuraciones.

##### 2.1.3.1.1.1 Barras

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_{wv}$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	
N1/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 5.54 m $\eta = 2.8$	x: 0 m $\eta = 5.4$	x: 5.542 m $\eta = 86.3$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 5.542 m $\eta = 14.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 5.542 m $\eta = 93.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 93.8$
N3/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 5.54 m $\eta = 2.8$	x: 0 m $\eta = 5.4$	x: 5.542 m $\eta = 86.3$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 5.542 m $\eta = 14.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 5.542 m $\eta = 93.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 93.8$
N4/N15	x: 0.999 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.187 m $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 0.999 m $\eta = 4.7$	x: 0.999 m $\eta = 14.1$	x: 1.001 m $\eta = 66.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.001 m $\eta = 10.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.001 m $\eta = 76.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 76.3$
N15/N16	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.054 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 13.2$	x: 0 m $\eta = 65.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 10.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 75.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 75.2$
N16/N17	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.051 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 13.0$	x: 0 m $\eta = 41.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 9.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 59.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 59.1$
N17/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.048 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 12.8$	x: 0 m $\eta = 28.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 44.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 44.1$
N18/N19	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.046 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.6$	x: 1.046 m $\eta = 28.3$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 7.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.046 m $\eta = 42.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 42.7$
N19/N20	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.044 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.5$	x: 1.044 m $\eta = 35.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.0$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.044 m $\eta = 51.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 51.0$
N20/N21	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.042 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.3$	x: 1.042 m $\eta = 40.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.9$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.042 m $\eta = 56.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 56.3$
N21/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.041 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.2$	x: 1.041 m $\eta = 46.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.041 m $\eta = 58.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.2$
N22/N23	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.1$	x: 1.04 m $\eta = 51.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.04 m $\eta = 59.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 59.2$
N23/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 12.0$	x: 0.867 m $\eta = 52.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.0$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.04 m $\eta = 60.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 60.5$
N2/N6	x: 0.999 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.187 m $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 0.999 m $\eta = 4.7$	x: 0.999 m $\eta = 14.1$	x: 1.001 m $\eta = 66.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.001 m $\eta = 10.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.001 m $\eta = 76.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 76.3$
N6/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.054 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 13.2$	x: 0 m $\eta = 65.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 10.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 75.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 75.2$
N7/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.051 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 13.0$	x: 0 m $\eta = 41.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 9.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 59.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 59.1$
N8/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.048 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 12.8$	x: 0 m $\eta = 28.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 44.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 44.1$
N9/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.046 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.6$	x: 1.046 m $\eta = 28.3$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 7.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.046 m $\eta = 42.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 42.7$
N10/N11	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.044 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.5$	x: 1.044 m $\eta = 35.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.0$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.044 m $\eta = 51.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 51.0$
N11/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.042 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.3$	x: 1.042 m $\eta = 40.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.9$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.042 m $\eta = 56.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 56.3$
N12/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.041 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.2$	x: 1.041 m $\eta = 46.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.041 m $\eta = 58.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.2$
N13/N14	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.1$	x: 1.04 m $\eta = 51.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.04 m $\eta = 59.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 59.2$
N14/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 12.0$	x: 0.867 m $\eta = 52.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.0$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.04 m $\eta = 60.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 60.5$

<p>Notación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\bar{\lambda}</math>: Limitación de esbeltez</li> <li><math>\lambda_w</math>: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</li> <li><math>N_t</math>: Resistencia a tracción</li> <li><math>N_c</math>: Resistencia a compresión</li> <li><math>M_y</math>: Resistencia a flexión eje Y</li> <li><math>M_z</math>: Resistencia a flexión eje Z</li> <li><math>V_y</math>: Resistencia a corte Z</li> <li><math>V_z</math>: Resistencia a corte Y</li> <li><math>M_y V_z</math>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</li> <li><math>M_z V_y</math>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</li> <li><math>NM_y M_z</math>: Resistencia a flexión y axil combinados</li> <li><math>NM_y V_z</math>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</li> <li><math>M_y</math>: Resistencia a torsión</li> <li><math>M_y V_z</math>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</li> <li><math>M_z V_y</math>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</li> <li><math>x</math>: Distancia al origen de la barra</li> <li><math>\eta</math>: Coeficiente de aprovechamiento (%)</li> <li>N.P.: No procede</li> </ul> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</li> <li>(2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</li> <li>(3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</li> <li>(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</li> </ul>
--

## 2.1.3.1.2. Altura de cumbrera 7,5 m

### 2.1.3.1.2.1 Barras

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_y V_z$		$M_z V_y$
N1/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5.529 m $\eta = 2.8$	x: 0 m $\eta = 5.4$	x: 5.531 m $\eta = 80.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 5.531 m $\eta = 13.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 5.531 m $\eta = 88.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 88.3</math></b>
N3/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5.529 m $\eta = 2.8$	x: 0 m $\eta = 5.4$	x: 5.531 m $\eta = 80.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 5.531 m $\eta = 13.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 5.531 m $\eta = 88.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 88.3</math></b>
N4/N15	x: 0.999 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.187 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 0.999 m $\eta = 4.8$	x: 0.999 m $\eta = 14.4$	x: 1.001 m $\eta = 61.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.001 m $\eta = 9.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.001 m $\eta = 74.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 74.2</math></b>
N15/N16	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.072 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 13.7$	x: 0 m $\eta = 59.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 7.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 72.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 72.9</math></b>
N16/N17	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.063 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 13.3$	x: 0 m $\eta = 40.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 58.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 58.5</math></b>
N17/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.059 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 13.1$	x: 0 m $\eta = 29.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 9.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 44.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 44.9</math></b>
N18/N19	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.052 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 12.8$	x: 1.052 m $\eta = 27.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.052 m $\eta = 41.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 41.3</math></b>
N19/N20	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.048 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.6$	x: 1.048 m $\eta = 33.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 5.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.048 m $\eta = 48.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 48.3</math></b>
N20/N21	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.046 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.4$	x: 1.046 m $\eta = 37.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.046 m $\eta = 52.4$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 52.4</math></b>
N21/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.042 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.2$	x: 1.042 m $\eta = 40.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.869 m $\eta = 53.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 53.7</math></b>
N22/N23	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.041 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.1$	x: 1.041 m $\eta = 43.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.041 m $\eta = 54.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 54.2</math></b>
N23/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 11.9$	x: 0.867 m $\eta = 45.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.04 m $\eta = 55.4$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 55.4</math></b>
N2/N6	x: 0.999 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.187 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 0.999 m $\eta = 4.8$	x: 0.999 m $\eta = 14.4$	x: 1.001 m $\eta = 61.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.001 m $\eta = 9.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.001 m $\eta = 74.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 74.2</math></b>
N6/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.072 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 13.7$	x: 0 m $\eta = 59.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 9.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 72.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 72.9</math></b>
N7/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.063 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 13.3$	x: 0 m $\eta = 40.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 58.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 58.5</math></b>
N8/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.059 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 13.1$	x: 0 m $\eta = 29.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 7.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 44.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 44.9</math></b>
N9/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.052 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 12.8$	x: 1.052 m $\eta = 27.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.052 m $\eta = 41.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 41.3</math></b>
N10/N11	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.048 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.6$	x: 1.048 m $\eta = 33.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 5.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.048 m $\eta = 48.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 48.3</math></b>
N11/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.046 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.4$	x: 1.046 m $\eta = 37.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.046 m $\eta = 52.4$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 52.4</math></b>
N12/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.042 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.2$	x: 1.042 m $\eta = 40.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.869 m $\eta = 53.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 53.7</math></b>
N13/N14	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.041 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.1$	x: 1.041 m $\eta = 43.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.041 m $\eta = 54.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 54.2</math></b>
N14/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 11.9$	x: 0.867 m $\eta = 45.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.04 m $\eta = 55.4$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 55.4</math></b>

<p>Notación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\bar{\lambda}</math>: Limitación de esbeltez</li> <li><math>\lambda_w</math>: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</li> <li><math>N_t</math>: Resistencia a tracción</li> <li><math>N_c</math>: Resistencia a compresión</li> <li><math>M_x</math>: Resistencia a flexión eje Y</li> <li><math>M_z</math>: Resistencia a flexión eje Z</li> <li><math>V_y</math>: Resistencia a corte Z</li> <li><math>V_z</math>: Resistencia a corte Y</li> <li><math>M_yV_z</math>: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</li> <li><math>M_zV_y</math>: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</li> <li><math>NM_xM_z</math>: Resistencia a flexión y axil combinados</li> <li><math>NM_yM_zV_yV_z</math>: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</li> <li><math>M_t</math>: Resistencia a torsión</li> <li><math>M_yV_z</math>: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</li> <li><math>M_zV_y</math>: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</li> <li><math>x</math>: Distancia al origen de la barra</li> <li><math>\eta</math>: Coeficiente de aprovechamiento (%)</li> <li>N.P.: No procede</li> </ul>															
<p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</li> <li><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</li> <li><sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</li> <li><sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</li> <li><sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</li> </ul>															

### 2.1.3.1.3. Altura de cumbrera 8 m

#### 2.1.3.1.3.1 Barras

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_yV_z$	$M_zV_y$	$NM_yM_z$	$NM_zM_yV_yV_z$	$M_t$	$M_tV_z$	$M_tV_y$	
N1/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5.514 m $\eta = 2.8$	x: 0 m $\eta = 5.4$	x: 5.516 m $\eta = 76.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 5.516 m $\eta = 12.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 5.516 m $\eta = 83.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 83.5$
N3/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5.514 m $\eta = 2.8$	x: 0 m $\eta = 5.4$	x: 5.516 m $\eta = 76.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 5.516 m $\eta = 12.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 5.516 m $\eta = 83.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 83.5$
N4/N15	x: 1.106 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.294 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.106 m $\eta = 4.8$	x: 1.106 m $\eta = 14.8$	x: 1.108 m $\eta = 54.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.108 m $\eta = 7.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.108 m $\eta = 71.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 71.3$
N15/N16	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.097 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 14.2$	x: 0 m $\eta = 54.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 71.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 71.0$
N16/N17	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.082 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 13.7$	x: 0 m $\eta = 34.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 7.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 58.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.3$
N17/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.072 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 13.4$	x: 0 m $\eta = 30.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 46.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 46.1$
N18/N19	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.061 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 13.0$	x: 1.049 m $\eta = 26.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 5.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.061 m $\eta = 40.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 40.1$
N19/N20	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.055 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.8$	x: 1.055 m $\eta = 31.3$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.055 m $\eta = 45.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 45.8$
N20/N21	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.049 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.5$	x: 1.049 m $\eta = 33.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.049 m $\eta = 48.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 48.9$
N21/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.044 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.2$	x: 0.696 m $\eta = 34.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.696 m $\eta = 49.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 49.7$
N22/N23	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.042 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.1$	x: 1.042 m $\eta = 37.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.042 m $\eta = 49.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 49.6$
N23/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 11.9$	x: 0.867 m $\eta = 38.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.867 m $\eta = 50.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 50.7$
N2/N6	x: 1.106 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.294 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.106 m $\eta = 4.8$	x: 1.106 m $\eta = 14.8$	x: 1.108 m $\eta = 54.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.108 m $\eta = 7.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.108 m $\eta = 71.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 71.3$
N6/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.097 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 14.2$	x: 0 m $\eta = 54.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 71.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 71.0$
N7/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.082 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 13.7$	x: 0 m $\eta = 40.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 7.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 58.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 58.3$
N8/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.072 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 13.4$	x: 0 m $\eta = 30.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 46.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 46.1$
N9/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.061 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 13.0$	x: 1.061 m $\eta = 26.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 5.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.061 m $\eta = 40.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 40.1$
N10/N11	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.055 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.8$	x: 1.055 m $\eta = 31.3$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.055 m $\eta = 45.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 45.8$
N11/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.049 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.5$	x: 1.049 m $\eta = 33.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.049 m $\eta = 48.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 48.9$
N12/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.044 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.2$	x: 0.696 m $\eta = 34.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.696 m $\eta = 49.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 49.7$
N13/N14	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.042 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.1$	x: 1.042 m $\eta = 37.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.042 m $\eta = 49.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 49.6$
N14/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 11.9$	x: 0.867 m $\eta = 38.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.867 m $\eta = 50.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 50.7$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_{wv}$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_yV_z$	$M_zV_y$	$NM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_t$	$M_tV_z$	
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_{wv}$ : 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 $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%) $N.P.$ : No procede															
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.															

### 2.1.3.1.4. Altura de cumbrera 8,5 m

#### 2.1.3.1.4.1 Barras

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_{wv}$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_yV_z$	$M_zV_y$	$NM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_t$	$M_tV_z$		$M_tV_y$
N1/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 5.491 m $\eta = 2.7$	x: 0 m $\eta = 5.4$	x: 5.493 m $\eta = 71.3$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 5.493 m $\eta = 11.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 5.493 m $\eta = 78.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 78.5$
N3/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 5.491 m $\eta = 2.7$	x: 0 m $\eta = 5.4$	x: 5.493 m $\eta = 71.3$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 5.493 m $\eta = 11.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 5.493 m $\eta = 78.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 78.5$
N4/N15	x: 1.11 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.298 m $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 1.11 m $\eta = 4.8$	x: 1.11 m $\eta = 15.3$	x: 1.112 m $\eta = 49.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.112 m $\eta = 6.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.112 m $\eta = 69.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 69.6$
N15/N16	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 1.125 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 14.6$	x: 0 m $\eta = 48.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 7.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 68.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 68.9$
N16/N17	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 1.107 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 14.1$	x: 0 m $\eta = 38.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 57.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 57.5$
N17/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 1.088 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 13.7$	x: 0 m $\eta = 30.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 5.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 46.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 46.6$
N18/N19	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 1.074 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 13.3$	x: 1.074 m $\eta = 25.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 5.0$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.074 m $\eta = 39.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 39.6$
N19/N20	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 1.063 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 13.0$	x: 1.063 m $\eta = 29.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.063 m $\eta = 44.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 44.1$
N20/N21	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 1.054 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.6$	x: 1.054 m $\eta = 31.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.054 m $\eta = 46.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 46.5$
N21/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 1.047 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.4$	x: 0.523 m $\eta = 32.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.523 m $\eta = 46.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 46.8$
N22/N23	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 1.042 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.1$	x: 1.042 m $\eta = 33.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 46.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 46.2$
N23/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 11.9$	x: 0.867 m $\eta = 34.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.867 m $\eta = 47.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 47.1$
N2/N6	x: 1.11 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.298 m $\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 1.11 m $\eta = 4.8$	x: 1.11 m $\eta = 15.3$	x: 1.112 m $\eta = 49.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.112 m $\eta = 6.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.112 m $\eta = 69.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 69.6$
N6/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 1.125 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 14.6$	x: 0 m $\eta = 48.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 7.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 68.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 68.9$
N7/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 1.107 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 14.1$	x: 0 m $\eta = 38.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 57.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 57.5$
N8/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 1.088 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 13.7$	x: 0 m $\eta = 30.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 5.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 46.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 46.6$
N9/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 1.074 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta = 13.3$	x: 1.074 m $\eta = 25.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 5.0$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.074 m $\eta = 39.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 39.6$
N10/N11	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 1.063 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 13.0$	x: 1.063 m $\eta = 29.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.063 m $\eta = 44.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 44.1$
N11/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 1.054 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.6$	x: 1.054 m $\eta = 31.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.054 m $\eta = 46.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 46.5$
N12/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv,max}$ Cumple	x: 1.047 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.4$	x: 0.523 m $\eta = 32.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.523 m $\eta = 46.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 46.8$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_yV_z$	$M_zV_y$	$NM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_t$	$M_tV_z$		$M_tV_y$
N13/N14	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.042 m $\eta = 4.3$	x: 0 m $\eta = 12.1$	x: 1.042 m $\eta = 33.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 46.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 46.2$
N14/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 4.2$	x: 0 m $\eta = 11.9$	x: 0.867 m $\eta = 34.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.867 m $\eta = 47.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 47.1$

Notación:  
 $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez  
 $\lambda_w$ : 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  
 $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)  
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.  
<sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.  
<sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  
<sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
<sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

## 2.1.3.1.5. Altura de cumbrera 9 m

### 1.3.1.5.1 Barras

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_yV_z$	$M_zV_y$	$NM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_t$	$M_tV_z$		$M_tV_y$
N1/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5.386 m $\eta = 2.7$	x: 0 m $\eta = 5.6$	x: 5.388 m $\eta = 66.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 5.388 m $\eta = 10.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 5.388 m $\eta = 73.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 73.3$
N3/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5.386 m $\eta = 2.7$	x: 0 m $\eta = 5.6$	x: 5.388 m $\eta = 66.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 5.388 m $\eta = 10.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 5.388 m $\eta = 73.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 73.3$
N4/N15	x: 1.115 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.365 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.115 m $\eta = 4.0$	x: 1.115 m $\eta = 11.7$	x: 1.117 m $\eta = 38.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.117 m $\eta = 5.0$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.117 m $\eta = 53.4$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 53.4$
N15/N16	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.167 m $\eta = 3.8$	x: 0 m $\eta = 11.1$	x: 0 m $\eta = 38.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 5.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 52.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 52.6$
N16/N17	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.133 m $\eta = 3.7$	x: 0 m $\eta = 10.6$	x: 0 m $\eta = 31.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 5.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 44.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 44.5$
N17/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.111 m $\eta = 3.7$	x: 0 m $\eta = 10.3$	x: 0 m $\eta = 24.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 36.4$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 36.4$
N18/N19	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.085 m $\eta = 3.7$	x: 0 m $\eta = 9.9$	x: 1.085 m $\eta = 21.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.085 m $\eta = 31.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 31.8$
N19/N20	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.072 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 9.6$	x: 1.072 m $\eta = 24.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.072 m $\eta = 34.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 34.6$
N20/N21	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.059 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 9.3$	x: 0.883 m $\eta = 25.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 2.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.883 m $\eta = 35.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 35.6$
N21/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.049 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 9.1$	x: 0.175 m $\eta = 25.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 2.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.35 m $\eta = 35.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 35.7$
N22/N23	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.043 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 8.8$	x: 1.043 m $\eta = 26.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 2.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.043 m $\eta = 35.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 35.2$
N23/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 8.7$	x: 0.867 m $\eta = 27.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.04 m $\eta = 2.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.867 m $\eta = 36.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 36.0$
N2/N6	x: 1.115 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.365 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.115 m $\eta = 4.0$	x: 1.115 m $\eta = 11.7$	x: 1.117 m $\eta = 38.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.117 m $\eta = 5.0$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.117 m $\eta = 53.4$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 53.4$
N6/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.167 m $\eta = 3.8$	x: 0 m $\eta = 11.1$	x: 0 m $\eta = 38.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 5.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 52.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 52.6$
N7/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.133 m $\eta = 3.7$	x: 0 m $\eta = 10.6$	x: 0 m $\eta = 31.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 5.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 44.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 44.5$
N8/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.111 m $\eta = 3.7$	x: 0 m $\eta = 10.3$	x: 0 m $\eta = 24.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 36.4$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 36.4$
N9/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.085 m $\eta = 3.7$	x: 0 m $\eta = 9.9$	x: 1.085 m $\eta = 21.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.085 m $\eta = 31.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 31.8$
N10/N11	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.072 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 9.6$	x: 1.072 m $\eta = 24.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 3.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.072 m $\eta = 34.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 34.6$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_t V_z$	$M_t V_y$	
N11/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.059 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 9.3$	x: 0.883 m $\eta = 25.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 2.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.883 m $\eta = 35.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 35.6$
N12/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.049 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 9.1$	x: 0.175 m $\eta = 25.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 2.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.35 m $\eta = 35.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 35.7$
N13/N14	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.043 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 8.8$	x: 1.043 m $\eta = 26.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 2.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.043 m $\eta = 35.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 35.2$
N14/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 3.6$	x: 0 m $\eta = 8.7$	x: 0.867 m $\eta = 27.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.04 m $\eta = 2.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.867 m $\eta = 36.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 36.0$

Notación:  
 $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez  
 $\lambda_w$ : 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  
 $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)  
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):  
<sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.  
<sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.  
<sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  
<sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
<sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

## 2.1.3.2. Pórtico de fachada

### 2.1.3.2.1. Altura de cumbrera 7 m

Los elementos considerados en las comprobaciones son las barras del pórtico ya que las placas de anclaje y las cimentaciones son de dimensiones similares en todas las configuraciones.

#### 2.1.3.2.1.1. Barras

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_t V_z$	$M_t V_y$	
N1/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5.949 m $\eta = 1.5$	x: 0 m $\eta = 7.5$	x: 0 m $\eta = 82.8$	x: 5.949 m $\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 10.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 82.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	$\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 82.8$
N3/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5.949 m $\eta = 1.5$	x: 0 m $\eta = 7.6$	x: 0 m $\eta = 84.3$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 10.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 83.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 84.3$
N4/N15	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.057 m $\eta = 4.7$	x: 0.051 m $\eta = 4.8$	x: 0.051 m $\eta = 93.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.051 m $\eta = 12.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.051 m $\eta = 88.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 93.0$
N15/N16	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.054 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 36.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 39.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 39.8$
N16/N17	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.051 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 27.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.051 m $\eta = 4.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 27.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 27.4$
N17/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.048 m $\eta = 4.7$	x: 0 m $\eta = 4.5$	x: 1.048 m $\eta = 53.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.048 m $\eta = 9.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.048 m $\eta = 50.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 53.5$
N18/N19	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.046 m $\eta = 5.8$	x: 0 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 53.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 9.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 51.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 53.4$
N19/N20	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.044 m $\eta = 5.7$	x: 0 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 30.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.044 m $\eta = 31.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 31.6$
N20/N21	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.042 m $\eta = 5.8$	x: 0 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 30.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.042 m $\eta = 5.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 31.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 31.6$
N21/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 0.978 m $\eta = 5.8$	x: 0 m $\eta = 4.5$	x: 0.98 m $\eta = 56.3$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.98 m $\eta = 10.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.98 m $\eta = 54.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 56.3$
N22/N23	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 6.0$	x: 0.061 m $\eta = 4.6$	x: 0.061 m $\eta = 56.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.061 m $\eta = 9.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.061 m $\eta = 54.4$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 56.5$
N23/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 6.0$	x: 0 m $\eta = 4.5$	x: 1.04 m $\eta = 25.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.04 m $\eta = 5.0$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.04 m $\eta = 27.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 27.7$
N2/N6	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.057 m $\eta = 4.6$	x: 0.065 m $\eta = 4.8$	x: 0.065 m $\eta = 90.7$	x: 0.065 m $\eta = 4.1$	x: 0.065 m $\eta = 12.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.065 m $\eta = 88.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.0$	x: 0.065 m $\eta = 10.7$	$\eta < 0.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 90.7$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_{w\max}$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_t V_z$	$M_t V_y$	
N6/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w\max}$ Cumple	x: 1.054 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 4.7$	x: 0 m $\eta = 34.5$	x: 0 m $\eta = 3.0$	x: 0 m $\eta = 6.7$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 40.2$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	x: 0.351 m $\eta = 2.6$	$\eta < 0.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 40.2$
N7/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w\max}$ Cumple	x: 1.051 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 25.9$	x: 0 m $\eta = 2.0$	x: 1.051 m $\eta = 4.5$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 27.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 27.3$
N8/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w\max}$ Cumple	x: 0.97 m $\eta = 4.6$	x: 0 m $\eta = 4.5$	x: 0.972 m $\eta = 49.6$	x: 0 m $\eta = 0.9$	x: 0.972 m $\eta = 9.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.972 m $\eta = 47.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 49.6$
N9/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w\max}$ Cumple	x: 1.046 m $\eta = 4.7$	x: 0 m $\eta = 4.7$	x: 0 m $\eta = 54.6$	x: 0 m $\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 5.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 52.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 54.6$
N10/N11	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w\max}$ Cumple	x: 1.044 m $\eta = 5.7$	x: 0 m $\eta = 4.6$	x: 1.044 m $\eta = 30.1$	x: 0 m $\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 4.9$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.044 m $\eta = 31.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 31.3$
N11/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w\max}$ Cumple	x: 0.978 m $\eta = 5.8$	x: 0 m $\eta = 4.5$	x: 0 m $\eta = 30.1$	x: 0 m $\eta = 0.2$	x: 1.042 m $\eta = 5.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 31.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 31.3$
N12/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w\max}$ Cumple	x: 0.978 m $\eta = 5.8$	x: 0 m $\eta = 4.5$	x: 0.98 m $\eta = 55.9$	x: 0 m $\eta = 0.2$	x: 0.98 m $\eta = 10.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.98 m $\eta = 53.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 55.9$
N13/N14	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w\max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 6.0$	x: 0.061 m $\eta = 4.6$	x: 0.061 m $\eta = 56.0$	x: 0.061 m $\eta = 0.2$	x: 0.061 m $\eta = 9.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.061 m $\eta = 54.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 56.0$
N14/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w\max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 6.0$	x: 0 m $\eta = 4.5$	x: 1.04 m $\eta = 25.7$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 5.0$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.04 m $\eta = 27.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 27.7$
N24/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 6.588 m $\eta = 1.4$	x: 0 m $\eta = 6.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 6.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 6.1$
N25/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\eta = 1.7$	x: 6.96 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 6.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 6.2$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 6.2$
N26/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\eta = 1.7$	x: 6.96 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 6.0$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 6.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 6.1$
N27/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\eta = 1.4$	x: 6.588 m $\eta = 1.4$	x: 0 m $\eta = 6.1$	x: 0 m $\eta = 0.4$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 6.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 6.3$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_t V_z$	$M_t V_y$		
N28/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.742 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 2.8$	x: 3.872 m $\eta = 19.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 7.744 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.484 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.872 m $\eta = 22.3$	x: 0.484 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 22.3$	
N29/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.182 m $\eta = 2.0$	x: 0 m $\eta = 4.4$	x: 3.592 m $\eta = 18.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 7.184 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.449 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.592 m $\eta = 22.4$	x: 0.449 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 22.4$	
N31/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.742 m $\eta = 1.9$	x: 0 m $\eta = 2.8$	x: 7.744 m $\eta = 19.2$	x: 0 m $\eta = 0.4$	x: 7.744 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 7.744 m $\eta = 19.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 19.9$	
N30/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.182 m $\eta = 2.1$	x: 0 m $\eta = 4.4$	x: 7.184 m $\eta = 45.2$	x: 7.184 m $\eta = 11.2$	x: 7.184 m $\eta = 0.5$	$\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 7.184 m $\eta = 59.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 59.9$	

Notación:

$\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez  
 $\lambda_w$ : 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  
 $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)  
 N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):

- (1) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
- (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
- (3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
- (5) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
- (6) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector que comprima un ala, de forma que se pueda desarrollar el fenómeno de abolladura del alma inducida por el ala comprimida.

### 2.1.3.2.2. Altura de cumbrera 7,5 m

#### 2.1.3.2.2.1. Barras

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_y V_z$	$M_t V_y$	
N1/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5.948 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 9.1$	x: 0 m $\eta = 83.1$	x: 5.946 m $\eta = 1.0$	x: 0 m $\eta = 10.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 83.0$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.5$	x: 0 m $\eta = 7.3$	$\eta < 0.1$	<b>CUMPLE <math>\eta = 83.1</math></b>
N3/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5.948 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 9.0$	x: 0 m $\eta = 84.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 10.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 83.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 84.5</math></b>
N4/N15	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.08 m $\eta = 5.3$	x: 0.052 m $\eta = 5.2$	x: 0.052 m $\eta = 92.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.052 m $\eta = 12.0$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.052 m $\eta = 87.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 92.2</math></b>
N15/N16	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.072 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 5.0$	x: 0 m $\eta = 35.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 38.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 38.7</math></b>
N16/N17	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.063 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 26.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.063 m $\eta = 4.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 26.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 26.8</math></b>
N17/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.059 m $\eta = 5.3$	x: 0 m $\eta = 4.8$	x: 1.059 m $\eta = 52.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.059 m $\eta = 9.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.059 m $\eta = 50.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 52.2</math></b>
N18/N19	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.052 m $\eta = 6.8$	x: 0 m $\eta = 5.4$	x: 0 m $\eta = 52.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 9.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 51.4$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 52.1</math></b>
N19/N20	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.048 m $\eta = 6.7$	x: 0 m $\eta = 5.3$	x: 0.873 m $\eta = 29.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.873 m $\eta = 31.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 31.7</math></b>
N20/N21	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.046 m $\eta = 6.8$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 29.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.046 m $\eta = 5.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 31.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 31.7</math></b>
N21/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 0.979 m $\eta = 6.8$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 0.981 m $\eta = 52.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.981 m $\eta = 9.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.981 m $\eta = 51.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 52.6</math></b>
N22/N23	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.041 m $\eta = 7.1$	x: 0.061 m $\eta = 5.3$	x: 0.061 m $\eta = 52.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.061 m $\eta = 9.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.061 m $\eta = 52.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 52.8</math></b>
N23/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 7.1$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 1.04 m $\eta = 24.0$	x: 1.04 m $\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 5.0$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.04 m $\eta = 27.4$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 27.4</math></b>
N2/N6	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.08 m $\eta = 5.2$	x: 0.063 m $\eta = 5.3$	x: 0.063 m $\eta = 90.4$	x: 0.063 m $\eta = 3.0$	x: 0.063 m $\eta = 11.9$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.063 m $\eta = 87.5$	$\eta < 0.1$	$\eta = 1.1$	x: 0.063 m $\eta = 10.5$	$\eta < 0.1$	<b>CUMPLE <math>\eta = 90.4</math></b>
N6/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.072 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 5.1$	x: 0 m $\eta = 34.3$	x: 0 m $\eta = 2.3$	x: 0 m $\eta = 6.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 38.9$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.6$	x: 0.357 m $\eta = 2.6$	$\eta < 0.1$	<b>CUMPLE <math>\eta = 38.9</math></b>
N7/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.063 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta = 25.3$	x: 0 m $\eta = 1.6$	x: 1.063 m $\eta = 4.3$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 25.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 25.8</math></b>
N8/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 0.978 m $\eta = 5.3$	x: 0 m $\eta = 4.8$	x: 0.98 m $\eta = 48.5$	x: 0 m $\eta = 0.9$	x: 0.98 m $\eta = 9.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.98 m $\eta = 46.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 48.5</math></b>
N9/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.052 m $\eta = 6.8$	x: 0 m $\eta = 5.4$	x: 0 m $\eta = 52.8$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 9.4$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 52.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 52.8</math></b>
N10/N11	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.048 m $\eta = 6.7$	x: 0 m $\eta = 5.3$	x: 1.048 m $\eta = 29.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.048 m $\eta = 31.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 31.5</math></b>
N11/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.046 m $\eta = 6.8$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 29.2$	x: 1.046 m $\eta = 0.1$	x: 1.046 m $\eta = 5.2$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.349 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 31.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 31.5</math></b>
N12/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 0.979 m $\eta = 6.8$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 0.981 m $\eta = 52.4$	x: 0.981 m $\eta = 0.2$	x: 0.981 m $\eta = 9.6$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0.981 m $\eta = 51.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 52.4</math></b>
N13/N14	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.041 m $\eta = 7.1$	x: 0.061 m $\eta = 5.2$	x: 0.061 m $\eta = 52.5$	x: 0.061 m $\eta = 0.2$	x: 0.061 m $\eta = 9.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.061 m $\eta = 52.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 52.5</math></b>
N14/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 7.1$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 1.04 m $\eta = 24.0$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 0 m $\eta = 5.0$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.04 m $\eta = 27.4$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 27.4</math></b>
N24/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 6.918 m $\eta = 1.3$	x: 0 m $\eta = 6.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 6.5$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 6.5</math></b>
N25/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\eta = 1.6$	x: 7.44 m $\eta = 6.7$	x: 0 m $\eta = 6.7$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 6.8$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 6.8</math></b>
N26/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\eta = 1.6$	x: 7.44 m $\eta = 6.7$	x: 0 m $\eta = 6.7$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 6.8$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 6.8</math></b>
N27/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\eta = 1.3$	x: 6.918 m $\eta = 6.6$	x: 0 m $\eta = 6.6$	x: 0 m $\eta = 0.2$	x: 0 m $\eta = 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 6.7$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 6.7</math></b>

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_y V_z$	$M_t V_y$		
N28/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 8.023 m $\eta = 1.9$	x: 0 m $\eta = 3.2$	x: 4.012 m $\eta = 20.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 8.025 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.502 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 4.012 m $\eta = 23.4$	x: 0.502 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 23.4</math></b>	
N29/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.182 m $\eta = 2.5$	x: 0 m $\eta = 4.9$	x: 3.592 m $\eta = 18.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 7.184 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.449 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.592 m $\eta = 22.9$	x: 0.449 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 22.9</math></b>	
N31/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 8.023 m $\eta = 2.0$	x: 0 m $\eta = 3.1$	x: 8.025 m $\eta = 24.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 8.025 m $\eta = 0.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.502 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 8.025 m $\eta = 24.8$	x: 0.502 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 24.8</math></b>	
N30/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.182 m $\eta = 2.5$	x: 0 m $\eta = 4.8$	x: 7.184 m $\eta = 42.8$	x: 7.184 m $\eta = 8.3$	x: 7.184 m $\eta = 0.4$	$\eta < 0.1$	x: 0.449 m $\eta < 0.1$	x: 0.449 m $\eta < 0.1$	x: 7.184 m $\eta = 55.3$	x: 0.449 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE <math>\eta = 55.3</math></b>	

**Notación:**

$\lambda$ : Limitación de esbeltez  
 $\lambda_w$ : 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  
 $N M_Y M_Z$ : Resistencia a flexión y axil combinados  
 $N M_Y M_Z V_Y V_Z$ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados  
 $M_t$ : Resistencia a torsión  
 $M_V V_Z$ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados  
 $M_V V_Y$ : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados  
 $x$ : Distancia al origen de la barra  
 $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)  
N.P.: No procede

**Comprobaciones que no proceden (N.P.):**

- <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.  
<sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.  
<sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  
<sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
<sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  
<sup>(6)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector que comprima un ala, de forma que se pueda desarrollar el fenómeno de abolladura del alma inducida por el ala comprimida.

### 2.1.3.2.3. Altura de cumbrera 8 m

#### 2.1.3.2.3.1. Barras

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado		
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_{wv}$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y M_z V_y V_z$	$M_t$		$M_t V_z$	$M_t V_y$
N1/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 5.946 m $\eta = 2.1$	x: 0 m $\eta = 10.8$	x: 0 m $\eta = 84.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 10.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 83.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 84.5$
N3/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 5.946 m $\eta = 2.1$	x: 0 m $\eta = 10.8$	x: 0 m $\eta = 84.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 10.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 83.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 84.5$
N4/N15	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.111 m $\eta = 5.9$	x: 0.054 m $\eta = 5.8$	x: 0.054 m $\eta = 92.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.054 m $\eta = 11.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.054 m $\eta = 86.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 92.0$
N15/N16	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.097 m $\eta = 7.7$	x: 0 m $\eta = 5.5$	x: 0 m $\eta = 34.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 37.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 37.2$
N16/N17	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.082 m $\eta = 5.8$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 25.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.082 m $\eta = 4.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.361 m $\eta = 26.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 26.1$
N17/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.074 m $\eta = 5.9$	x: 0 m $\eta = 5.1$	x: 1.074 m $\eta = 51.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.074 m $\eta = 9.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.074 m $\eta = 49.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 51.1$
N18/N19	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.059 m $\eta = 7.7$	x: 0 m $\eta = 6.1$	x: 0 m $\eta = 51.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 9.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 51.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 51.3$
N19/N20	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.055 m $\eta = 7.7$	x: 0 m $\eta = 5.9$	x: 0.88 m $\eta = 27.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.88 m $\eta = 30.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 30.5$
N20/N21	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.049 m $\eta = 7.7$	x: 0 m $\eta = 5.8$	x: 0 m $\eta = 26.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.049 m $\eta = 5.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 30.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 30.0$
N21/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 0.971 m $\eta = 7.7$	x: 0 m $\eta = 5.8$	x: 0.973 m $\eta = 48.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.973 m $\eta = 9.0$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.973 m $\eta = 49.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 49.2$
N22/N23	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.042 m $\eta = 8.1$	x: 0.071 m $\eta = 5.8$	x: 0.071 m $\eta = 48.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.071 m $\eta = 8.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.071 m $\eta = 49.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 49.7$
N23/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 8.0$	x: 0 m $\eta = 5.7$	x: 0.867 m $\eta = 21.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.867 m $\eta = 25.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 25.9$
N2/N6	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.111 m $\eta = 5.9$	x: 0.054 m $\eta = 5.8$	x: 0.054 m $\eta = 92.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.054 m $\eta = 11.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.054 m $\eta = 86.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 92.0$
N6/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.097 m $\eta = 5.8$	x: 0 m $\eta = 5.5$	x: 0 m $\eta = 34.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 37.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 37.2$
N7/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.082 m $\eta = 5.8$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta = 25.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.082 m $\eta = 4.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.361 m $\eta = 26.1$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 26.1$
N8/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.074 m $\eta = 5.9$	x: 0 m $\eta = 5.1$	x: 1.074 m $\eta = 51.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.074 m $\eta = 9.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.074 m $\eta = 49.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 51.1$
N9/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.059 m $\eta = 7.7$	x: 0 m $\eta = 6.1$	x: 0 m $\eta = 51.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 9.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 51.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 51.3$
N10/N11	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.055 m $\eta = 7.7$	x: 0 m $\eta = 5.9$	x: 0.88 m $\eta = 27.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.88 m $\eta = 30.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 30.5$
N11/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.049 m $\eta = 7.7$	x: 0 m $\eta = 5.8$	x: 0 m $\eta = 26.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.049 m $\eta = 5.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 30.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 30.0$
N12/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 0.971 m $\eta = 7.7$	x: 0 m $\eta = 5.8$	x: 0.973 m $\eta = 48.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.973 m $\eta = 9.0$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.973 m $\eta = 49.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 49.2$
N13/N14	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.042 m $\eta = 8.1$	x: 0.071 m $\eta = 5.8$	x: 0.071 m $\eta = 48.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.071 m $\eta = 8.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.071 m $\eta = 49.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 49.7$
N14/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_{wv} \leq \lambda_{wv, \max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 8.0$	x: 0 m $\eta = 5.7$	x: 0.867 m $\eta = 21.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.867 m $\eta = 25.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 25.9$
N24/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 7.257 m $\eta = 0.9$	x: 0 m $\eta = 4.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 4.4$
N25/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 7.92 m $\eta = 1.2$	x: 0 m $\eta = 4.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 4.9$
N26/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 7.92 m $\eta = 1.2$	x: 0 m $\eta = 4.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 4.9$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 4.9$
N27/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 7.257 m $\eta = 0.9$	x: 0 m $\eta = 4.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 4.4$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 4.4$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado	
	$\bar{\lambda}$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$V_z$	$V_y$	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$NM_y M_z$	$NM_y M_z V_y V_z$	$M_t$	$M_t V_z$		$M_t V_y$
N29/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.182 m $\eta = 3.1$	x: 0 m $\eta = 5.7$	x: 3.592 m $\eta = 17.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 7.184 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.449 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.592 m $\eta = 23.3$	x: 0.449 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 23.3$
N28/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 8.314 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 3.5$	x: 4.158 m $\eta = 20.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 8.316 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.52 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 4.158 m $\eta = 24.2$	x: 0.52 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 24.2$
N31/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 8.314 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 3.5$	x: 4.158 m $\eta = 20.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 8.316 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.52 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 4.158 m $\eta = 24.2$	x: 0.52 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 24.2$
N30/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.182 m $\eta = 3.1$	x: 0 m $\eta = 5.7$	x: 3.592 m $\eta = 17.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 7.184 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.449 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.592 m $\eta = 23.3$	x: 0.449 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 23.3$

**Notación:**

$\lambda$ : Limitación de esbeltez  
 $\lambda_w$ : 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  
 $N M_Y M_Z$ : Resistencia a flexión y axil combinados  
 $N M_Y M_Z V_Y V_Z$ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados  
 $M_t$ : Resistencia a torsión  
 $M_V V_Z$ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados  
 $M_V V_Y$ : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados  
 $x$ : Distancia al origen de la barra  
 $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)  
N.P.: No procede

**Comprobaciones que no proceden (N.P.):**

- <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.  
<sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.  
<sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  
<sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
<sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  
<sup>(6)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector que comprima un ala, de forma que se pueda desarrollar el fenómeno de abolladura del alma inducida por el ala comprimida.

### 2.1.3.2.4. Altura de cumbrera 8,5 m

#### 2.1.3.2.4.1. Barras

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_V$	$M_Z$	$V_Z$	$V_V$	$M_V V_Z$	$M_Z V_V$	$NM_V M_Z$	$NM_V M_Z V_V V_Z$	$M_t$	$M_V V_Z$		$M_t V_V$
N1/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5.944 m $\eta = 2.5$	x: 0 m $\eta = 12.7$	x: 0 m $\eta = 84.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 10.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 83.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 84.5$
N3/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5.944 m $\eta = 2.5$	x: 0 m $\eta = 12.7$	x: 0 m $\eta = 84.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 10.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 83.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 84.5$
N4/N15	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.154 m $\eta = 6.5$	x: 0.056 m $\eta = 6.5$	x: 0.056 m $\eta = 91.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.056 m $\eta = 11.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.056 m $\eta = 84.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 91.0$
N15/N16	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.125 m $\eta = 6.5$	x: 0 m $\eta = 6.0$	x: 0 m $\eta = 33.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 35.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 35.2$
N16/N17	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.107 m $\eta = 6.5$	x: 0 m $\eta = 5.8$	x: 0.369 m $\eta = 24.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.107 m $\eta = 4.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.369 m $\eta = 27.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 27.0$
N17/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.088 m $\eta = 6.5$	x: 0 m $\eta = 5.6$	x: 1.088 m $\eta = 47.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.088 m $\eta = 8.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.088 m $\eta = 46.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 47.2$
N18/N19	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.074 m $\eta = 8.6$	x: 0 m $\eta = 6.8$	x: 0 m $\eta = 47.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 48.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 48.8$
N19/N20	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.063 m $\eta = 8.5$	x: 0 m $\eta = 6.6$	x: 0.886 m $\eta = 24.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.886 m $\eta = 28.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 28.7$
N20/N21	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.054 m $\eta = 8.5$	x: 0 m $\eta = 6.5$	x: 0.176 m $\eta = 23.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.054 m $\eta = 4.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.176 m $\eta = 28.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 28.3$
N21/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 0.974 m $\eta = 8.6$	x: 0 m $\eta = 6.4$	x: 0.976 m $\eta = 44.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.976 m $\eta = 8.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.976 m $\eta = 47.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 47.0$
N22/N23	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.042 m $\eta = 9.0$	x: 0.071 m $\eta = 6.4$	x: 0.071 m $\eta = 45.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.071 m $\eta = 8.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.071 m $\eta = 47.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 47.5$
N23/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 9.0$	x: 0 m $\eta = 6.3$	x: 0.867 m $\eta = 20.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.867 m $\eta = 26.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 26.0$
N2/N6	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.154 m $\eta = 6.5$	x: 0.056 m $\eta = 6.5$	x: 0.056 m $\eta = 91.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.056 m $\eta = 11.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.056 m $\eta = 84.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 91.0$
N6/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.125 m $\eta = 6.5$	x: 0 m $\eta = 6.0$	x: 0 m $\eta = 33.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 35.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 35.2$
N7/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.107 m $\eta = 6.5$	x: 0 m $\eta = 5.8$	x: 0.369 m $\eta = 24.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.107 m $\eta = 4.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.369 m $\eta = 27.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 27.0$
N8/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.088 m $\eta = 6.5$	x: 0 m $\eta = 5.6$	x: 1.088 m $\eta = 47.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.088 m $\eta = 8.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.088 m $\eta = 46.9$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 47.2$
N9/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.074 m $\eta = 8.6$	x: 0 m $\eta = 6.8$	x: 0 m $\eta = 47.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 48.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 48.8$
N10/N11	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.063 m $\eta = 8.5$	x: 0 m $\eta = 6.6$	x: 0.886 m $\eta = 24.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.886 m $\eta = 28.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 28.7$
N11/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.054 m $\eta = 8.5$	x: 0 m $\eta = 6.5$	x: 0.176 m $\eta = 23.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.054 m $\eta = 4.7$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.176 m $\eta = 28.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 28.3$
N12/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 0.974 m $\eta = 8.6$	x: 0 m $\eta = 6.4$	x: 0.976 m $\eta = 44.8$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.976 m $\eta = 8.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.976 m $\eta = 47.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 47.0$
N13/N14	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.042 m $\eta = 9.0$	x: 0.071 m $\eta = 6.4$	x: 0.071 m $\eta = 45.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.071 m $\eta = 8.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.071 m $\eta = 47.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 47.5$
N14/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 9.0$	x: 0 m $\eta = 6.3$	x: 0.867 m $\eta = 20.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.867 m $\eta = 26.0$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 26.0$
N24/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 7.576 m $\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 4.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 4.7$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 4.7$
N25/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 8.41 m $\eta = 1.1$	x: 0 m $\eta = 5.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 5.3$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 5.3$
N26/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 8.41 m $\eta = 1.1$	x: 0 m $\eta = 5.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 5.3$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 5.3$
N27/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 7.576 m $\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 4.7$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 4.7$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 4.7$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	$N_t$	$N_c$	$M_V$	$M_Z$	$V_Z$	$V_V$	$M_V V_Z$	$M_Z V_V$	$NM_V M_Z$	$NM_V M_Z V_V V_Z$	$M_t$	$M_V V_Z$	$M_t V_V$	
N29/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.182 m $\eta = 4.0$	x: 0 m $\eta = 6.9$	x: 3.592 m $\eta = 17.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 7.184 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.449 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.592 m $\eta = 24.5$	x: 0.449 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 24.5$
N28/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 8.593 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 3.8$	x: 4.297 m $\eta = 21.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 8.595 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.537 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 4.297 m $\eta = 25.1$	x: 0.537 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 25.1$
N30/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 8.593 m $\eta = 1.8$	x: 0 m $\eta = 3.8$	x: 4.297 m $\eta = 21.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 8.595 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.537 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 4.297 m $\eta = 25.1$	x: 0.537 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 25.1$
N31/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.182 m $\eta = 4.0$	x: 0 m $\eta = 6.9$	x: 3.592 m $\eta = 17.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 7.184 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.449 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.592 m $\eta = 24.5$	x: 0.449 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 24.5$

**Notación:**

$\lambda$ : Limitación de esbeltez  
 $\lambda_w$ : 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  
 $N M_Y M_Z$ : Resistencia a flexión y axil combinados  
 $N M_Y M_Z V_Y V_Z$ : 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  
 $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)  
N.P.: No procede

**Comprobaciones que no proceden (N.P.):**

- <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.  
<sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.  
<sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  
<sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
<sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  
<sup>(6)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector que comprima un ala, de forma que se pueda desarrollar el fenómeno de abolladura del alma inducida por el ala comprimida.

### 2.1.3.2.5. Altura de cumbrera 9 m

#### 2.1.3.2.5.1. Barras

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	$N_t$	$N_c$	$M_V$	$M_Z$	$V_Z$	$V_V$	$M_V V_Z$	$M_Z V_V$	$NM_V M_Z$	$NM_V M_Z V_V V_Z$	$M_t$	$M_t V_Z$	$M_t V_V$	
N1/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5.942 m $\eta = 2.8$	x: 0 m $\eta = 14.5$	x: 0 m $\eta = 84.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 10.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 82.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 84.4$
N3/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 5.942 m $\eta = 2.8$	x: 0 m $\eta = 14.5$	x: 0 m $\eta = 84.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 10.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 82.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 84.4$
N4/N15	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.206 m $\eta = 7.1$	x: 0.058 m $\eta = 7.6$	x: 0.058 m $\eta = 90.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.058 m $\eta = 11.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.058 m $\eta = 84.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 90.1$
N15/N16	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.167 m $\eta = 7.1$	x: 0 m $\eta = 6.8$	x: 0 m $\eta = 32.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 33.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 33.6$
N16/N17	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.133 m $\eta = 7.1$	x: 0 m $\eta = 6.4$	x: 0.378 m $\eta = 24.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.133 m $\eta = 4.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.378 m $\eta = 27.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 27.3$
N17/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.111 m $\eta = 46.0$	x: 0 m $\eta = 6.2$	x: 1.111 m $\eta = 46.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.111 m $\eta = 8.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.111 m $\eta = 46.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 46.6$
N18/N19	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.085 m $\eta = 9.2$	x: 0 m $\eta = 7.4$	x: 0 m $\eta = 45.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 48.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 48.5$
N19/N20	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.072 m $\eta = 9.2$	x: 0 m $\eta = 7.2$	x: 0.893 m $\eta = 22.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.893 m $\eta = 27.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 27.7$
N20/N21	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.059 m $\eta = 9.2$	x: 0 m $\eta = 7.1$	x: 0.177 m $\eta = 21.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.059 m $\eta = 4.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.177 m $\eta = 27.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 27.3$
N21/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 0.976 m $\eta = 9.3$	x: 0 m $\eta = 7.0$	x: 0.978 m $\eta = 40.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.978 m $\eta = 8.0$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.978 m $\eta = 44.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 44.3$
N22/N23	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.043 m $\eta = 9.7$	x: 0.071 m $\eta = 6.9$	x: 0.071 m $\eta = 41.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.071 m $\eta = 7.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.071 m $\eta = 44.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 44.8$
N23/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 9.7$	x: 0 m $\eta = 6.8$	x: 0.694 m $\eta = 18.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.867 m $\eta = 24.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 24.2$
N2/N6	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.206 m $\eta = 7.1$	x: 0.058 m $\eta = 7.6$	x: 0.058 m $\eta = 90.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.058 m $\eta = 11.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.058 m $\eta = 84.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 90.1$
N6/N7	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.167 m $\eta = 7.1$	x: 0 m $\eta = 6.8$	x: 0 m $\eta = 32.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 6.5$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 33.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 33.6$
N7/N8	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.133 m $\eta = 7.1$	x: 0 m $\eta = 6.4$	x: 0.378 m $\eta = 24.5$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.133 m $\eta = 4.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.378 m $\eta = 27.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 27.3$
N8/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.111 m $\eta = 7.2$	x: 0 m $\eta = 6.2$	x: 1.111 m $\eta = 46.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.111 m $\eta = 8.4$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 1.111 m $\eta = 46.6$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 46.6$
N9/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.085 m $\eta = 9.2$	x: 0 m $\eta = 7.4$	x: 0 m $\eta = 45.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 8.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta = 48.5$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 48.5$
N10/N11	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.072 m $\eta = 9.2$	x: 0 m $\eta = 7.2$	x: 0.893 m $\eta = 22.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.893 m $\eta = 27.7$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 27.7$
N11/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.059 m $\eta = 9.2$	x: 0 m $\eta = 7.1$	x: 0.177 m $\eta = 21.4$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 1.059 m $\eta = 4.6$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.177 m $\eta = 27.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 27.3$
N12/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 0.976 m $\eta = 9.3$	x: 0 m $\eta = 7.0$	x: 0.978 m $\eta = 40.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.978 m $\eta = 8.0$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.978 m $\eta = 44.3$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 44.3$
N13/N14	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.043 m $\eta = 9.7$	x: 0.071 m $\eta = 6.9$	x: 0.071 m $\eta = 41.0$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0.071 m $\eta = 7.8$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.071 m $\eta = 44.8$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 44.8$
N14/N5	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.04 m $\eta = 9.7$	x: 0 m $\eta = 6.8$	x: 0.694 m $\eta = 18.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 4.2$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0.867 m $\eta = 24.2$	$\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 24.2$
N24/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 7.925 m $\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 5.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 5.2$
N25/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 8.89 m $\eta = 1.0$	x: 0 m $\eta = 5.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 5.7$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 5.7$
N26/N13	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 8.89 m $\eta = 1.0$	x: 0 m $\eta = 5.6$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 5.7$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 5.7$
N27/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 7.925 m $\eta = 0.8$	x: 0 m $\eta = 5.2$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.1$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	$\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 0 m $\eta < 0.1$	x: 0 m $\eta = 5.2$	x: 0 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 5.2$

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$N_t$	$N_c$	$M_V$	$M_Z$	$V_Z$	$V_V$	$M_V V_Z$	$M_Z V_V$	$NM_V M_Z$	$NM_V M_Z V_V V_Z$	$M_t$	$M_t V_Z$	$M_t V_V$		
N28/N18	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 8.899 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 3.9$	x: 4.451 m $\eta = 22.3$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 8.901 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.556 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 4.451 m $\eta = 26.1$	x: 0.556 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 26.1$	
N29/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.182 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 7.7$	x: 3.592 m $\eta = 17.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 7.184 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.449 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.592 m $\eta = 25.2$	x: 0.449 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 25.2$	
N31/N9	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 8.899 m $\eta = 1.7$	x: 0 m $\eta = 3.9$	x: 4.451 m $\eta = 22.3$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 8.901 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.556 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 4.451 m $\eta = 26.1$	x: 0.556 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 26.1$	
N30/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.182 m $\eta = 4.8$	x: 0 m $\eta = 7.7$	x: 3.592 m $\eta = 17.9$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(1)</sup>	x: 7.184 m $\eta = 0.3$	$V_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.449 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.592 m $\eta = 25.2$	x: 0.449 m $\eta < 0.1$	$M_{Ed} = 0.00$ N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 25.2$	

**Notación:**

$\lambda$ : Limitación de esbeltez  
 $\lambda_w$ : 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  
 $N M_Y M_Z$ : Resistencia a flexión y axil combinados  
 $N M_Y M_Z V_Y V_Z$ : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados  
 $M_t$ : Resistencia a torsión  
 $M_V V_Z$ : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados  
 $M_V V_Y$ : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados  
 $x$ : Distancia al origen de la barra  
 $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%)  
N.P.: No procede

**Comprobaciones que no proceden (N.P.):**

- <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.  
<sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.  
<sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  
<sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.  
<sup>(5)</sup> No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.  
<sup>(6)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector que comprima un ala, de forma que se pueda desarrollar el fenómeno de abolladura del alma inducida por el ala comprimida.

### 2.1.3.3. Cubierta completa

Para las 5 configuraciones de cubierta se plantea que la estructura completa está formada por 2 pórticos de fachada y 5 pórticos interiores, siendo las comprobaciones para cada uno de los tipos de pórticos citados, las mismas que las realizadas para el pórtico interior central y para el pórtico de fachada de cada configuración.

Se realiza únicamente el dimensionado y comprobación del sistema de arriostramiento de cada configuración, mostrándose a continuación el procedimiento de dimensionado de la VCV, las cruces de San Andrés y las vigas perimetrales

#### 2.1.3.3.1. Sistema contraviento y sistema de arriostramiento

##### 2.1.3.3.1.1. altura de cumbrera 7m

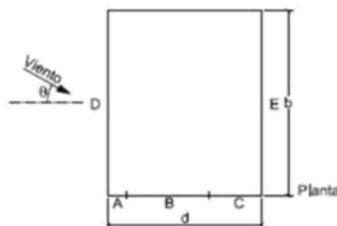
#### Dimensionamiento VCV

Carga lineal de viento frontal sobre el pórtico de fachada.

$$V_{\text{frontal fachada}} = q_b \cdot C_e \cdot C_{p,D}$$

$$\cdot C_{p,D} \left( \frac{h}{d}, \text{zona} \right)$$

De la tabla D.3 Paramentos verticales, se obtiene el



**Tabla D.3 Paramentos verticales**

A (m <sup>2</sup> )	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

$$h/d = 7/33 = 0,212 \quad \text{y zona D}$$

$$C_{p,D} = 0,7$$

$$\cdot q_b$$



La zona donde queda situada la construcción es: Zona A

$$q_b = 0,42 \text{ kN/m}^2$$

·  $C_e(g, z)$

Grado de aspereza: IV y  $z = 7m$

$$C_e(g, z) = k(g) \cdot \ln\left(\frac{\max(z, Z(g))}{L(g)}\right) \cdot \left[ k(g) \cdot \ln\left(\frac{\max(z, Z(g))}{L(g)}\right) + 7 \cdot k(g) \right]$$

De la tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno se obtienen los diferentes parámetros

$$k(g) = 0,22 \quad Z(g) = 5m \quad L(g) = 0,3m$$

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,15	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

$$C_e(g, z) = 1,5475$$

$$V_{\text{frontal fachada}} = q_b \cdot C_e \cdot C_{p,D} = 0,455 \text{ kN/m}^2$$

Se calcula la carga lineal que existe sobre cada uno de los pilares

$$q_{Vf\_pil\_extremos} = V_{\text{frontal fachada}} \cdot \frac{s}{2} = 0,455 \cdot \frac{4,16}{2} = 0,9464 \text{ kN/m}$$

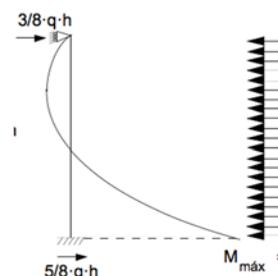
$$q_{Vf\_pil\_centrales} = V_{\text{frontal fachada}} \cdot s = 0,455 \cdot 4,16 = 1,8928 \text{ kN/m}$$

Se obtienen las cargas puntuales de cada cabeza de pilar

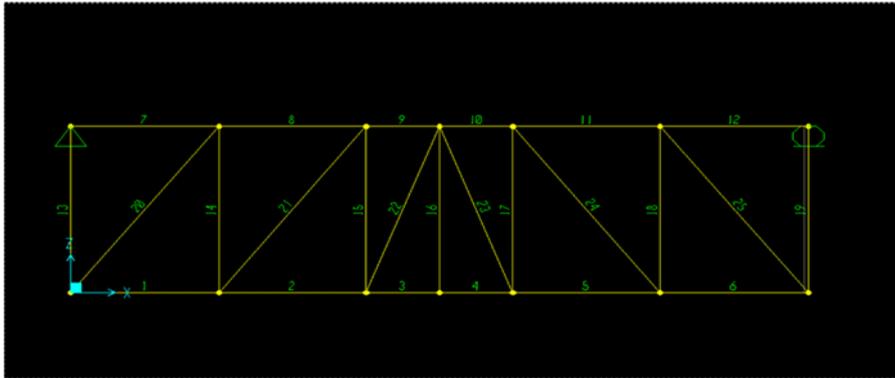
$$P_{1,6} = \frac{3}{8} \cdot 0,9464 \cdot 6 = 2,1294 \text{ kN}$$

$$P_{2,5} = \frac{3}{8} \cdot 1,8928 \cdot 6,64 = 4,7130 \text{ kN}$$

$$P_{3,4} = \frac{3}{8} \cdot 1,8928 \cdot 6,96 = 4,9402 \text{ kN}$$



Se hallan los esfuerzos de la viga contraviento con la ayuda del software SAP2000, obteniendo:



Axil de los montantes (Compresión)

$$N_{13} = N_{19} = 11,783 \text{ kN} \quad N_{14} = N_{18} = 9,653 \text{ kN} \quad N_{15} = N_{17} = 4,94 \text{ kN} \quad N_{13} = 0 \text{ kN}$$

Axil de las diagonales (Tracción)

$$N_{20} = N_{25} = 12,157 \text{ kN} \quad N_{21} = N_{24} = 6,2 \text{ kN} \quad N_{22} = N_{23} = 0 \text{ kN}$$

- *Diagonales*

- Condición de esbeltez reducida máxima

La diagonal de la VCV es un elemento principal trabajando a tracción:  $\bar{\lambda} \leq 3$

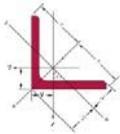
Las diagonales son barras biarticuladas ( $\beta = 1$ ) y se colocan por duplicado.

$$\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{h_p}{r} = \frac{5,5}{4,21}; \quad \alpha = 52,57^\circ$$

$$l_d = \frac{h_p}{\cos(\alpha)} = \frac{4210}{\cos(52,57)} = 6930 \text{ mm} \quad l_k = \beta \cdot \frac{l_d}{2} = 3465 \text{ mm}$$

$$\frac{l_k}{\lambda_{lim}} = \bar{\lambda} \leq 3 \rightarrow i \geq \frac{3465}{3 \cdot 86,815} = 13,304 \text{ mm}$$

El perfil en L con menor peso que cumple es:

L 75x6		
 <p>G=6,85 kg/m</p>	A=873 mm <sup>2</sup>	iv=14,7 mm
	I <sub>y</sub> =45,83·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	I <sub>u</sub> =28,9 mm
	W <sub>eI,y</sub> =8,41·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	iy=22,9 mm

- ELS Deformación

Al ser la longitud de la barra mayor a 6 metros, se realiza la comprobación ELS deformación bajo el criterio de apariencia siendo la única carga a considerar el peso propio.

Para un elemento biapoyado la flecha máxima es:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0,0672 \cdot 6930^4}{210000 \cdot 45,83 \cdot 10^4} = 20,97 \text{ mm}$$

$$f_r = \frac{f - f_0}{2 \cdot \frac{l_d}{2}} = \frac{20,97 - 0}{6930} = 3,02 \cdot 10^{-3} \leq \frac{1}{300}$$

- ELU Resistencia

Comprobación de resistencia:

$$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Para el cálculo de  $N_{E,d}$  se toma el axil de la diagonal más solicitada, ya que todas las diagonales tendrán el mismo perfil.

Axil de cálculo:

$$N_{E,d} = 1,5 \cdot N_{20} = 1,5 \cdot 12,157 = 18,24 \text{ kN}$$

Al tener las diagonales una longitud considerable, se combina el axil con el momento debido al peso propio.

$$M_{E,d} = 1,35 \cdot \frac{1}{8} \cdot g \cdot l_d^2 = 1,35 \cdot \frac{1}{8} \cdot 0,0672 \cdot 6,930^2 = 0,545 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

La comprobación queda:

$$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1 \rightarrow \frac{18,24 \cdot 10^3}{873 \cdot 261,9} + \frac{0,545 \cdot 10^6}{8,41 \cdot 10^3 \cdot 261,9} = 0,327 \leq 1$$

El perfil L 75x6 cumple a ELU Resistencia. Siendo este perfil el escogido para las diagonales de la VCV, tras verificar todas las comprobaciones.

- *Montantes*

- Condición de esbeltez reducida máxima

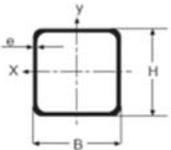
Los montantes de la VCV son elementos principales trabajando a compresión:  $\bar{\lambda} \leq 2$

Las montantes son barras biarticuladas ( $\beta = 1$ ).

$$l_k = \beta \cdot l_d = 1 \cdot 5500 = 5500 \text{ mm}$$

$$\frac{l_k}{\lambda_{lim}} = \bar{\lambda} \leq 2 \rightarrow i \geq \frac{5500}{2 \cdot 86,815} = 31,676 \text{ mm}$$

El perfil tubular cuadrado con menor peso que cumple es:

<b>#90x3</b>		
 G=8,01 kg/m	A=1020 mm <sup>2</sup>	W <sub>e1,y</sub> =28,3·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
	I=127·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	i=35,3 mm

$$\bar{\lambda} = \frac{5500}{35,3 \cdot 86,815} = 1,7947$$

- ELS Deformación

Al ser la longitud de los montantes inferior a 6 metros, no procede realizar la comprobación de ELS Deformación.

- ELU Pandeo

Comprobación a pandeo:

$$\frac{N_{E,d}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + \frac{K_y \cdot C_{my} \cdot M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Para el cálculo de  $N_{E,d}$  se toma el axil del montante más solicitado, ya que todos los montantes tendrán el mismo perfil.

Axil de cálculo:

$$N_{E,d} = 1,5 \cdot N_{13} = 1,5 \cdot 11,783 = 17,675 \text{ kN}$$

Al tener los montantes una longitud considerable, se combina el axil con el momento debido al peso propio.

$$M_{E,d} = 1,35 \cdot \frac{1}{8} \cdot g \cdot l_d^2 = 1,35 \cdot \frac{1}{8} \cdot 0,0786 \cdot 5,5^2 = 0,401 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

De la tabla 6.2, se obtiene que el perfil tubular cuadrado, conformado en frío de acero S275JR tiene una curva de pandeo c. Y de la tabla 6.3, el coeficiente de imperfección  $\alpha = 0,49$

Tabla 6.2 Curva de pandeo en función de la sección transversal

Tipo de sección	Tipo de acero Eje de pandeo <sup>(1)</sup>	S235 a S355		S450	
		y	z	y	z
<b>Tubos de chapa simples o agrupados</b>					
	laminados en caliente	a	a	a <sub>0</sub>	a <sub>0</sub>
	conformados en frío	c	c	c	c

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo ( $\chi$ )

Esbeltez reducida	Curva de pandeo				
	a <sub>0</sub>	a	b	c	d
Coefficiente ( $\alpha$ ) de imperfección	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

\*Cálculo de  $\chi_y$

$$\phi = 0,5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = 2,5012$$

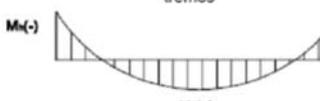
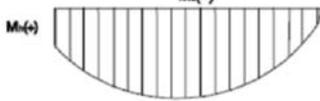
$$\chi_y = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = 0,2356$$

\*Cálculo de  $K_y$

$$K_y = 1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda} \cdot \frac{N_{E,d}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} = 1 + 0,6 \cdot 1,7947 \cdot \frac{17,675 \cdot 10^3}{0,2356 \cdot 1020 \cdot 261,9} = 1,3024$$

\*Cálculo  $C_{my}$

Según la siguiente tabla

Momentos debidos a cargas laterales y momentos de extremos		
	$\alpha = M_b/M_h$	$c_{m,j} = 0,1 - 0,8 \cdot \alpha \geq 0,4$ si $-1 \leq \alpha \leq 0$ $c_{m,j} = 0,2 + 0,8 \cdot \alpha \geq 0,4$ si $0 \leq \alpha \leq 1$
	$\alpha_h = M_b/M_h$	$c_{m,j} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h$ con $-1 \leq \alpha_h \leq 1$

Para una barra biapoyada:

$$M_h = 0 \text{ kN} \cdot \text{m} \rightarrow \alpha_h = \frac{M_h}{M_s} = 0$$

$$C_{my} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h = 0,95$$

La comprobación queda:

$$\frac{N_{E,d}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + \frac{K_y \cdot C_{my} \cdot M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1 \rightarrow 0,348 \leq 1$$

El perfil #90x3 cumple a ELU Resistencia. Siendo este perfil el escogido para los montantes de la VCV, tras verificar todas las comprobaciones.

### Dimensionamiento CSA

- CSA Lateral

- Condición de esbeltez reducida máxima.

La diagonal de la CSA es un elemento principal trabajando a tracción:  $\bar{\lambda} \leq 3$

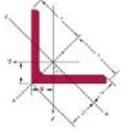
Las diagonales son barras biarticuladas ( $\beta = 1$ ) y se colocan por duplicado.

$$\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{h_p}{r} = \frac{6}{5,5}; \quad \alpha = 47,48^\circ$$

$$l_d = \frac{h_p}{\operatorname{sen}(\alpha)} = \frac{6000}{\operatorname{sen}(47,48)} = 8140,65 \text{ mm} \quad l_k = \beta \cdot \frac{l_d}{2} = 4070,325 \text{ mm}$$

$$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3 \rightarrow i \geq \frac{4070,325}{3 \cdot 86,815} = 15,62 \text{ mm}$$

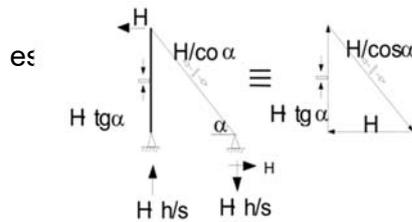
El perfil en L con menor peso que cumple es:

<b>L 80x5</b>		
 <p>G=6,17 kg/m</p>	A=786 mm <sup>2</sup>	iv=15,7 mm
	I <sub>y</sub> =47,14·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	iu=30,9 mm
	W <sub>el,y</sub> =8,02·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	iy=24,5 mm

- ELS Deformación

La diagonal del arriostramiento al no colocarse en horizontal se puede considerar que el peso propio del perfil no genera flechas significativas. Por lo tanto, no es necesario realizar la comprobación del ELS de deformación, criterio apariencia.

- ELU Resistencia



El axil del montante de la CSA (montante VCV)

$$N = 11,783 \text{ kN (COMPRESIÓN)}$$

Por tanto axil de la diagonal de la CSA es:

$$N_{diag} = \frac{N}{\cos(47,48)} = 17,4344 \text{ kN}$$

Comprobación de resistencia:

$$\frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{yd}} \leq 1 \rightarrow \frac{1,5 \cdot N_{diag}}{A \cdot f_{yd}} \leq 1 \rightarrow 0,127 \leq 1$$

El perfil L 80x5 cumple a ELU Resistencia. Siendo este perfil el escogido para la diagonal de la CSA lateral, tras verificar todas las comprobaciones.

- CSA Pórtico de fachada

- Condición de esbeltez reducida máxima.

La diagonal de la CSA es un elemento principal trabajando a tracción:  $\bar{\lambda} \leq 3$

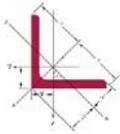
Las diagonales son barras biarticuladas ( $\beta = 1$ ) y se colocan por duplicado.

$$\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{h_{p\_max}}{r} = \frac{6,64}{4,16}; \quad \alpha = 57,93^\circ$$

$$l_d = \frac{h_{p\_max}}{\operatorname{sen}(\alpha)} = \frac{6640}{\operatorname{sen}(57,93)} = 7835,73 \text{ mm} \quad l_k = \beta \cdot \frac{l_d}{2} = 3917,86 \text{ mm}$$

$$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3 \rightarrow i \geq \frac{3917,86}{3 \cdot 86,815} = 15,04 \text{ mm}$$

El perfil en L con menor peso que cumple es:

L 80x5		
 <p>G=6,17 kg/m</p>	A=786 mm <sup>2</sup>	iv=15,7 mm
	I <sub>y</sub> =47,14·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	iu=30,9 mm
	W <sub>e1,y</sub> =8,02·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	iy=24,5 mm

El perfil L 80x5 cumple la condición de esbeltez reducida máxima, que es la única comprobación a realizar. Siendo este perfil, el escogido para la diagonal de la CSA del pórtico de fachada.

### Dimensionamiento Viga perimetral

- ELS Deformación

$$f_r = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l^4}{E \cdot I_y} < \frac{1}{300} \rightarrow \frac{I_y}{g} = 3,9 \cdot \frac{l^3}{E}$$

$$\frac{I_y}{g} = 3,9 \cdot \frac{5500^3}{210000} = 30,90 \cdot 10^5 \text{ mm}^5/N$$

- ELU Resistencia

Como la longitud de la viga perimetral es inferior a 6 metros, no se tiene en cuenta la interacción con la flexión debida a su propio peso. Así el elemento, cuya función es proporcionar apoyo lateral a un elemento comprimido, se dimensiona para resistir 1,5% del esfuerzo de compresión máximo que solicite el elemento a estabilizar.

$$N_{E,d,pilar} = 56,628 \text{ kN}$$

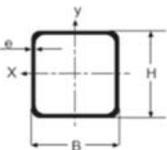
$$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} \leq 1 \rightarrow 1 \geq \frac{0,015 \cdot N_{E,d,pilar}}{A \cdot f_y} = \frac{0,015 \cdot 56628}{A \cdot 261,9} \rightarrow A = \frac{0,015 \cdot 56628}{A \cdot 261,9} = 3,243 \text{ mm}^2$$

- Condición de esbeltez reducida máxima.

La viga perimetral es un elemento de arriostramiento trabajando a tracción:  $\bar{\lambda} \leq 4$

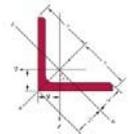
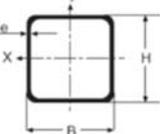
$$\bar{\lambda} = \frac{s}{i_{min} \cdot \lambda_{lim}} \rightarrow i_{min} \geq \frac{s}{\bar{\lambda} \cdot \lambda_{lim}} = \frac{5500}{4 \cdot 86,815} = 15,84 \text{ mm}$$

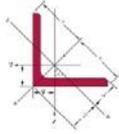
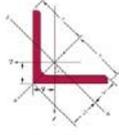
El perfil # con menor peso que cumple todas las comprobaciones es:

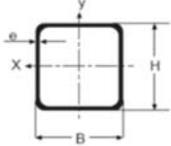
<b>#50x2</b>			
 G=2,93 kg/m	$I_y = 14,1 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$	$\frac{I_y}{g} = 4,72 \cdot 10^8 \text{ mm}^5 / N$	$i = 19,5 \text{ mm}$
	$g = 0,0002987 \text{ N/mm}$		$A = 374 \text{ mm}^2$

Siguiendo este procedimiento se realiza el dimensionado del sistema contraviento y de arriostramiento de cada una de las configuraciones de cubierta. Viéndose en las tablas siguientes la comprobaciones realizadas y los perfiles elegidos.

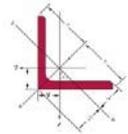
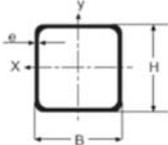
2.1.3.3.1.1. Altura de cumbrera 7 m

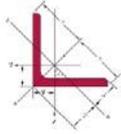
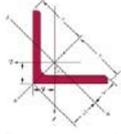
Altura de cumbrera 7 m				
ELEMENTO		Comprobaciones para el dimensionado		
VCV	Diagonales	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Resistencia</b>
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
		Perfil	L 75x6	
		 G=6,85 kg/m	Datos Geométricos	
			A=873 mm <sup>2</sup>	iv=14,7 mm
	I <sub>y</sub> =45,83 · 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>		iu=28,9 mm	
		We <sub>l,y</sub> =8,41 · 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	iy=22,9 mm	
	Montantes	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Pandeo</b>
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 2$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + \frac{K_y \cdot C_{my} \cdot M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
		Perfil	L 80x5	
		 G=8,01 kg/m	Datos Geométricos	
			A=1020 mm <sup>2</sup>	We <sub>l,y</sub> =28,3 · 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
I=127 · 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	i=35,3 mm			

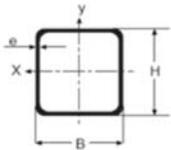
Altura de cumbrera 7 m					
ELEMENTO		Comprobaciones para el dimensionado			
CSA	CSA Lateral	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Resistencia</b>	
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$	
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
		Perfil	L 80x5		
		 G=6,17 kg/m	Datos Geométricos		
			A=786 mm <sup>2</sup>	iv=15,7 mm	
			Iy=47,14 · 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	iu=30,9 mm	
	W <sub>eI,y</sub> =8,02 · 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>		iy=24,5 mm		
	CSA Fachada	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>			
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$			
		CUMPLE			
		Perfil	# 90x3		
		 G=6,17 kg/m	Datos Geométricos		
			A=786 mm <sup>2</sup>	iv=15,7 mm	
			Iy=47,14 · 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	iu=30,9 mm	
W <sub>eI,y</sub> =8,02 · 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	iy=24,5 mm				

Altura de cumbrera 7 m			
ELEMENTO	Comprobaciones para el dimensionado		
Viga perimetral	<i>Condición de esbeltez reducida máxima</i>	<i>ELS Deformación</i>	<i>ELU Resistencia</i>
	$\bar{\lambda} = \frac{s}{i_{min} \cdot \lambda_{lim}} \leq 4$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} \leq 1$
	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	Perfil	# 50x2	
	 <p>G=2,93 kg/m</p>	Datos Geométricos	
		$I_y = 14,1 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$	$i = 19,5 \text{ mm}$
		$g = 0,0002787 \text{ N/mm}$	$A = 374 \text{ mm}^2$
$\frac{I_y}{g} = 4,72 \cdot 10^8 \text{ mm}^5 / \text{N}$			

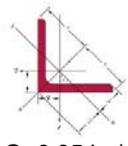
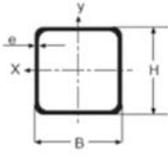
## 2.1.3.3.1.2 Altura de cumbrera 7,5 m

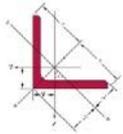
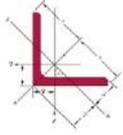
Altura de cumbrera 7,5 m				
ELEMENTO	Comprobaciones para el dimensionado			
VCV	Diagonales	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Resistencia</b>
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
		Perfil	L 75x6	
		 G=6,85 kg/m	Datos Geométricos	
			A=873 mm <sup>2</sup>	iv=14,7 mm
			I <sub>y</sub> =45,83·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	iu=28,9 mm
		We <sub>l,y</sub> =8,41·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	iy=22,9 mm	
	Montantes	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Pandeo</b>
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 2$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + \frac{K_y \cdot C_{my} \cdot M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
		Perfil	# 90x3	
		 G=8,01 kg/m	Datos Geométricos	
			A=1020 mm <sup>2</sup>	We <sub>l,y</sub> =28,3·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
I=127·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>			i=35,3 mm	

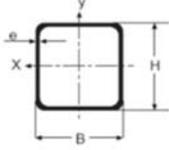
Altura de cumbrera 7,5 m					
ELEMENTO		Comprobaciones para el dimensionado			
CSA	CSA Lateral	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Resistencia</b>	
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$	
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
		Perfil	L 80x5		
		 G=6,17 kg/m	Datos Geométricos		
			A=786 mm <sup>2</sup>	iv=15,7 mm	
			I <sub>y</sub> =47,14·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	iu=30,9 mm	
		We <sub>I,y</sub> =8,02·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	iy=24,5 mm		
	CSA Fachada	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>			
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$			
		CUMPLE			
		Perfil	L 80x5		
		 G=6,17 kg/m	Datos Geométricos		
			A=786 mm <sup>2</sup>	iv=15,7 mm	
I <sub>y</sub> =47,14·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>			iu=30,9 mm		
	We <sub>I,y</sub> =8,02·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	iy=24,5 mm			

Altura de cumbrera 7,5 m				
ELEMENTO	Comprobaciones para el dimensionado			
Viga perimetral	<i>Condición de esbeltez reducida máxima</i>	<i>ELS Deformación</i>	<i>ELU Resistencia</i>	
	$\bar{\lambda} = \frac{s}{i_{min} \cdot \lambda_{lim}} \leq 4$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} \leq 1$	
	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
	Perfil	# 50x2		
	 <p>G=2,93 kg/m</p>	Datos Geométricos		
		$I_y = 14,1 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$	i=19,5 mm	
		g=0,0002787 N/mm	A=374 mm <sup>2</sup>	
$\frac{I_y}{g} = 4,72 \cdot 10^8 \text{ mm}^5 / \text{N}$				

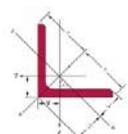
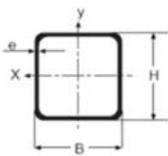
## 2.1.3.3.1.3. Altura de cumbrera 8 m

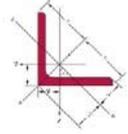
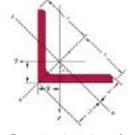
Altura de cumbrera 8 m				
ELEMENTO	Comprobaciones para el dimensionado			
VCV	Diagonales	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Resistencia</b>
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
		Perfil	L 75x6	
		 G=6,85 kg/m	Datos Geométricos	
			A=873 mm <sup>2</sup>	iv=14,7 mm
			I <sub>y</sub> =45,83 · 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	iu=28,9 mm
		We <sub>l,y</sub> =8,41 · 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	iy=22,9 mm	
	Montantes	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Pandeo</b>
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 2$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + \frac{K_y \cdot C_{my} \cdot M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
		Perfil	# 90x3	
		 G=8,01 kg/m	Datos Geométricos	
			A=1020 mm <sup>2</sup>	We <sub>l,y</sub> =28,3 · 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
I=127 · 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>			i=35,3 mm	

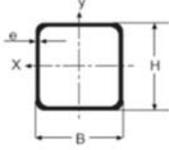
Altura de cumbrera 8 m					
ELEMENTO		Comprobaciones para el dimensionado			
CSA	CSA Lateral	Condición de esbeltez reducida máxima	ELS Deformación	ELU Resistencia	
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$	
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
		Perfil	L 80x5		
		 G=6,17 kg/m	Datos Geométricos		
			A=786 mm <sup>2</sup>	iv=15,7 mm	
	I <sub>y</sub> =47,14·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>		iu=30,9 mm		
	W <sub>el,y</sub> =8,02·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>		iy=24,5 mm		
	CSA Fachada	Condición de esbeltez reducida máxima			
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$			
		CUMPLE			
		Perfil	L 90x5		
		 G=6,17 kg/m	Datos Geométricos		
			A=888 mm <sup>2</sup>	iv=17,8 mm	
	I <sub>y</sub> =67,67·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>		iu=34,8 mm		
W <sub>el,y</sub> =10,18·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	iy=27,6 mm				

Altura de cumbrera 8 m				
ELEMENTO	Comprobaciones para el dimensionado			
<b>Viga perimetral</b>	<i>Condición de esbeltez reducida máxima</i>	<i>ELS Deformación</i>	<i>ELU Resistencia</i>	
	$\bar{\lambda} = \frac{s}{i_{min} \cdot \lambda_{lim}} \leq 4$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} \leq 1$	
	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
	Perfil	<b># 50x2</b>		
	 <p>G=2,93 kg/m</p>	Datos Geométricos		
		$I_y = 14,1 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$	$i = 19,5 \text{ mm}$	
		$g = 0,0002787 \text{ N/mm}$	$A = 374 \text{ mm}^2$	
$\frac{I_y}{g} = 4,72 \cdot 10^8 \text{ mm}^5 / \text{N}$				

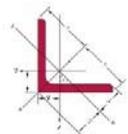
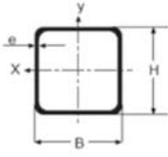
## 2.1.3.3.1.4. Altura de cumbrera 8,5 m

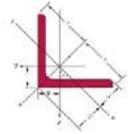
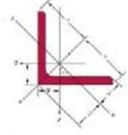
Altura de cumbrera 8,5 m				
ELEMENTO		Comprobaciones para el dimensionado		
VCV	Diagonales	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Resistencia</b>
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
		Perfil	L 75x6	
		 G=6,85 kg/m	Datos Geométricos	
			A=873 mm <sup>2</sup>	iv=14,7 mm
	I <sub>y</sub> =45,83·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>		iu=28,9 mm	
		We <sub>I,y</sub> =8,41·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	iy=22,9 mm	
	Montantes	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Pandeo</b>
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 2$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + \frac{K_y \cdot C_{my} \cdot M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
		Perfil	# 90x3	
		 G=8,01 kg/m	Datos Geométricos	
			A=1020 mm <sup>2</sup>	We <sub>I,y</sub> =28,3·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
I=127·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	i=35,3 mm			

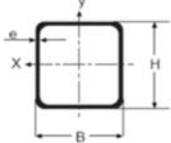
Altura de cumbrera 8,5 m					
ELEMENTO		Comprobaciones para el dimensionado			
CSA	CSA Lateral	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Resistencia</b>	
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$	
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
		Perfil	L 80x5		
		 G=6,17 kg/m	Datos Geométricos		
			A=786 mm <sup>2</sup>	iv=15,7 mm	
			I <sub>y</sub> =47,14·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	I <sub>u</sub> =30,9 mm	
		We <sub>l,y</sub> =8,02·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> =24,5 mm		
	CSA Fachada	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>			
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$			
		CUMPLE			
		Perfil	L 90x5		
		 G=6,17 kg/m	Datos Geométricos		
			A=888 mm <sup>2</sup>	iv=17,8 mm	
I <sub>y</sub> =67,67·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	I <sub>u</sub> =34,8 mm				
	We <sub>l,y</sub> =10,18·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	I <sub>y</sub> =27,6 mm			

Altura de cumbrera 8,5 m				
ELEMENTO	Comprobaciones para el dimensionado			
<b>Viga perimetral</b>	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Resistencia</b>	
	$\bar{\lambda} = \frac{s}{i_{min} \cdot \lambda_{lim}} \leq 4$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} \leq 1$	
	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE	
	Perfil	<b># 50x2</b>		
	 <p>G=2,93 kg/m</p>	<b>Datos Geométricos</b>		
		$I_y = 14,1 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$	$i = 19,5 \text{ mm}$	
		$g = 0,0002787 \text{ N/mm}$	$A = 374 \text{ mm}^2$	
$\frac{I_y}{g} = 4,72 \cdot 10^8 \text{ mm}^5 / \text{N}$				

## 2.1.3.3.1.5. Altura de cumbrera 9 m

Altura de cumbrera 9 m				
ELEMENTO	Comprobaciones para el dimensionado			
VCV	Diagonales	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Resistencia</b>
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
		Perfil	L 80x6	
		 G=7,34 kg/m	Datos Geométricos	
			A=935 mm <sup>2</sup>	i <sub>v</sub> =15,7 mm
			i <sub>y</sub> =55,82 · 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	i <sub>u</sub> =30,8 mm
		We <sub>l,y</sub> =9,57 · 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	i <sub>y</sub> =24,4 mm	
	Montantes	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Pandeo</b>
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 2$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + \frac{K_y \cdot C_{my} \cdot M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
		Perfil	# 90x3	
		 G=8,01 kg/m	Datos Geométricos	
			A=1020 mm <sup>2</sup>	We <sub>l,y</sub> =28,3 · 10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>
	I=127 · 10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	i=35,3 mm		

Altura de cumbrera 9 m						
ELEMENTO		Comprobaciones para el dimensionado				
CSA	CSA Lateral	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>	<b>ELS Deformación</b>	<b>ELU Resistencia</b>		
		$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{E,d}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq 1$		
		CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE		
		Perfil	L 80x5			
		 G=6,17 kg/m	Datos Geométricos			
			A=786 mm <sup>2</sup>	iv=15,7 mm		
			I <sub>y</sub> =47,14·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	iu=30,9 mm		
			W <sub>el,y</sub> =8,02·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>	iy=24,5 mm		
		CSA Fachada	<b>Condición de esbeltez reducida máxima</b>			
			$\frac{l_k}{i} = \bar{\lambda} \leq 3$			
	CUMPLE					
	Perfil		L 90x5			
	 G=6,17 kg/m		Datos Geométricos			
		A=888 mm <sup>2</sup>	iv=17,8 mm			
		I <sub>y</sub> =67,67·10 <sup>4</sup> mm <sup>4</sup>	iu=34,8 mm			
W <sub>el,y</sub> =10,18·10 <sup>3</sup> mm <sup>3</sup>		iy=27,6 mm				

Altura de cumbrera 9 m			
ELEMENTO	Comprobaciones para el dimensionado		
Viga perimetral	<i>Condición de esbeltez reducida máxima</i>	<i>ELS Deformación</i>	<i>ELU Resistencia</i>
	$\bar{\lambda} = \frac{s}{i_{min} \cdot \lambda_{lim}} \leq 4$	$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l_d^4}{E \cdot I_y}$	$\frac{N_{E,d}}{A \cdot f_{yd}} \leq 1$
	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
	Perfil	# 50x2	
	 <p>G=2,93 kg/m</p>	Datos Geométricos	
		$I_y = 14,1 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$	i=19,5 mm
g=0,0002787 N/ mm		A=374 mm <sup>2</sup>	
	$\frac{I_y}{g} = 4,72 \cdot 10^8 \text{ mm}^5 / N$		

## 2.1.4. Mediciones

### 2.1.4.1. Pórtico interior central

#### 2.1.4.1.1. Altura de cumbrera 7 m

Barras:

Resumen de medición												
Materia l		Serie	Perfi l	Longitu d			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	HEB	HE 200 B	12.000	12.000	32.927	0.094	0.094	0.210	735.70	735.70	1660.23
			IPE 300, Simple con cartelas	2.114			0.015			130.01		
		IPE	IPE 300	18.813	0.101		794.52					
				20.927	0.116		924.52					

Uniones:

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	2	450x450x18	57.23
	Rig. pasantes	4	450/250x100/0x12	13.19
	Total			70.41
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	16	Ø 20 - L = 458 + 228	27.09
	Total			27.09

Cimentaciones

Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)		Hormigón (m³)	
	Ø16		HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencia: N3	139.00		4.43	0.40
Referencia: N1	139.00		4.43	0.40
Totales	278.00		8.87	0.81

### 2.1.4.1.2. Altura de cumbrera 7,5 m

Barras:

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	HEB	HE 200 B	12.000	12.000	33.087	0.094	0.094	0.211	735.70	735.70	1666.98
			IPE 300, Simple con cartelas	2.159			0.015			131.90		
		IPE	IPE 300	18.928	0.102		799.37					
				21.087	0.117		931.27					

Uniones:

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	2	450x450x18	57.23
	Rigidizadores pasantes	4	450/250x100/0x12	13.19
	Total			70.41
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	16	Ø 20 - L = 458 + 228	27.09
	Total			27.09

Cimentación:

Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)	Hormigón (m³)	
	Ø16	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencia: N3	139.00	4.43	0.40
Referencia: N1	139.00	4.43	0.40
Totales	278.00	8.87	0.81

### 2.1.4.1.3. Altura de cumbrera 8 m

Barras:

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	HEB	HE 200 B	12.000	12.000	33.308	0.094	0.094	0.212	735.70	735.70	1676.32
			IPE 300, Simple con cartelas	2.221			0.016			134.52		
		IPE	IPE 300	19.087	0.103		806.09					
				21.308	0.119		940.62					

Uniones:

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	2	450x450x18	57.23
	Rigidizadores pasantes	4	450/250x100/0x12	13.19
	Total			70.41
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	16	Ø 20 - L = 458 + 228	27.09
	Total			27.09

Cimentación:

Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)	Hormigón (m³)	
	Ø16	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencia: N3	121.06	3.86	0.35
Referencia: N1	121.06	3.86	0.35
Totales	242.12	7.72	0.70

#### 2.1.4.1.4. Altura de cumbrera 8,5 m

Barras:

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	HEB	HE 200 B	12.000	12.000	33.591	0.094	0.094	0.214	735.70	735.70	1688.26
			IPE 300, Simple con cartelas	2.308			0.017			138.18		
		IPE 300	19.283	0.104	814.38							
		IPE		21.591		0.120				952.55		

Uniones:

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	2	450x450x18	57.23
	Rigidizadores pasantes	4	450/250x100/0x12	13.19
	Total			70.41
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	16	Ø 20 - L = 458 + 228	27.09
	Total			27.09

Cimentación:

Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)	Hormigón (m³)	
	Ø16	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencia: N3	121.06	3.86	0.35
Referencia: N1	121.06	3.86	0.35
Totales	242.12	7.72	0.70

#### 2.1.4.1.4. Altura de cumbrera 9 m

Barras:

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	HEB	HE 200 B	12.000	12.000	33.932	0.094	0.094	0.236	735.70	735.70	1860.41
			IPE 330, Simple con cartelas	2.411			0.020			165.44		
		IPE	IPE 330	19.521	0.122		959.26					
				21.932	0.142		1124.70					

Uniones:

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	2	450x450x18	57.23
	Rigidizadores pasantes	4	450/250x100/0x11	12.09
	Total			69.32
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	16	Ø 20 - L = 458 + 228	27.09
	Total			27.09

Cimentación:

Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)	Hormigón (m³)	
	Ø16	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencia: N3	113.69	3.54	0.34
Referencia: N1	113.69	3.54	0.34
Totales	227.38	7.09	0.68

## 2.1.4.2. Pórtico de fachada

### 2.1.4.2.1. Altura de cumbrera 7 m

Barras:

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	HEB	HE 100 B	12.000	39.200	90.291	0.031	0.124	0.169	244.92	970.89	1326.21
			HE 120 B	27.200			0.092			725.97		
		IPE	IPE 100	20.927			0.022			169.21		
			L 80 x 80 x 5	30.164			0.024			186.11		
		L		30.164			0.024			186.11		

Uniones:

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	4	200x200x7	8.79
		2	300x300x15	21.20
	Rigidizadores no pasantes	4	100/0x100/0x5	0.79
	Total			
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	16	Ø 8 - L = 335 + 91	2.69
		8	Ø 14 - L = 349 + 160	4.92
	Total			

Cimentación:

Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)	Hormigón (m³)	
	Ø12	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencias: N3 y N1	2x50.34	2x1.80	2x0.40
Referencias: N24 y N27	2x18.30	2x0.48	2x0.12
Referencias: N25 y N26	2x17.82	2x0.68	2x0.17
Totales	172.92	5.92	1.38

### 2.1.4.2.2. Altura de cumbrera 7,5 m

Barras:

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	HEB	HE 100 B	12.000	40.820	92.635	0.031	0.129	0.175	244.92	1014.13	1374.22
			HE 120 B	28.820			0.098			769.21		
		IPE	IPE 100	21.087	0.022		170.50					
			L	L 80 x 80 x 5	30.728		0.024	189.60				
							30.728	0.024				

Uniones:

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	4	200x200x7	8.79
		2	300x300x15	21.20
	Rigidizadores no pasantes	4	100/0x100/0x5	0.79
	Total			
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	16	Ø 8 - L = 335 + 91	2.69
		8	Ø 14 - L = 349 + 160	4.92
	Total			

Cimentación:

Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)	Hormigón (m³)	
	Ø12	HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencias: N3 y N1	2x50.34	2x1.80	2x0.40
Referencias: N24 y N27	2x18.30	2x0.48	2x0.12
Referencias: N25 y N26	2x17.82	2x0.68	2x0.17
Totales	172.92	5.92	1.38

### 2.1.4.2.3. Altura de cumbrera 8 m

Barras:

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	HEB	HE 100 B	12.000			0.031			244.92		
			HE 140 B	30.460			0.131			1028.18		
			IPE 100	21.309	42.460		0.022	0.162		172.30	1273.10	
			L 90 x 90 x 5	31.318	21.309		0.022	0.022		218.31	172.30	
				31.318	31.318		0.028	0.028			218.31	218.31
						95.087		0.212			1663.70	

Uniones:

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	4	250x250x9	17.66
		2	300x300x15	21.20
	Rigidizadores no pasantes	4	100/0x100/0x5	0.79
	Total			
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	16	Ø 10 - L = 339 + 114	4.47
		8	Ø 14 - L = 349 + 160	4.92
	Total			

Cimentación:

Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)		Hormigón (m³)	
	Ø12		HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencias: N3 y N1	2x50.34		2x1.80	2x0.40
Referencias: N24 y N27	2x6.34		2x0.36	2x0.09
Referencias: N25 y N26	2x19.05		2x0.53	2x0.13
Totales	151.46		5.38	1.25

#### 2.1.4.2.4. Altura de cumbrera 8,5 m

Barras:

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	HEB	HE 100 B	12.000			0.031			244.92		
			HE 140 B	32.080			0.138			1082.86		
		IPE		44.080			0.169			1327.78		
			IPE 100	21.591			0.022			174.57		
		L	L 90 x 90 x 5	31.878	21.591		0.022			174.57		
				31.878			0.028		222.22			
								0.028				222.22
							97.549			0.220		1724.57

Uniones:

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	4	250x250x9	17.66
		2	300x300x15	21.20
	Rigidizadores no pasantes	4	100/0x100/0x5	0.79
	Total			39.64
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	16	Ø 10 - L = 339 + 114	4.47
		8	Ø 14 - L = 349 + 160	4.92
	Total			9.39

Cimentación:

Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)		Hormigón (m³)	
	Ø12		HA-25, Yc= 1.5	Limpieza
Referencias: N3 y N1	2x50.34		2x1.80	2x0.40
Referencias: N24 y N27	2x6.34		2x0.36	2x0.09
Referencias: N25 y N26	2x9.53		2x0.53	2x0.13
Totales	132.42		5.38	1.25

## 2.1.4.2.5. Altura de cumbrera 9 m

Barras:

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	HEB	HE 100 B	12.000			0.031			244.92			
			HE 140 B	33.740			0.145			1138.89			
		IPE		45.740				0.176			1383.81		
			IPE 100	21.932				0.023			177.33		
		L		21.932				0.023			177.33		
			L 90 x 90 x 5	32.498				0.029			226.54		
			32.498				0.029			226.54			
								100.170		0.228		1787.68	

Uniones:

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	4	250x250x9	17.66
		2	300x300x15	21.20
	Rigidizadores no pasantes	4	100/0x100/0x5	0.79
		Total		
B 500 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	16	Ø 10 - L = 339 + 114	4.47
		8	Ø 14 - L = 349 + 160	4.92
		Total		

Cimentación:

Elemento	B 500 S, Ys=1.15 (kg)		Hormigón (m³)	
	Ø12		HA-25, Yc=1.5	Limpieza
Referencias: N3 y N1	2x50.34		2x1.80	2x0.40
Referencias: N24, N25, N26 y N27	4x6.34		4x0.36	4x0.09
Totales	126.04		5.04	1.16

## 2.2. Anexo de cálculos de la cubierta

### 2.1.1. Procedimiento de diseño y dimensionado de la cubierta

Una vez realizado el análisis paramétrico y obtenida la solución óptima de la cubierta, se procede al diseño y cálculo de la estructura completa.

Se toma el modelo creado en el módulo generador de pórticos de CYPE y se exporta al módulo CYPE 3D, generando la estructura 3D.

Hecha la exportación, se define en primer lugar la normativa de aplicación para el cálculo y las características de los perfiles y hormigón armado a emplear.

Después, se ajusta la geometría de la jácena, borrando aquellos nudos y barras que no son necesarias y ajustando las otras barras a configuración de cubierta curva óptima obtenida.

A continuación, se crean nuevos paños definiendo en cada uno de éstos las cargas actuantes para cada una de las hipótesis de peso propio, sobrecarga de uso, viento y nieve.

Seguidamente, se describen los perfiles a utilizar tomando como punto de partida los empleados en el análisis paramétrico, además de las condiciones de pandeo y de flecha máxima y se calcula la estructura.

Finalmente, realizado el cálculo, se procede al diseño y cálculo de las placas de anclaje de cada grupo de pilares y posteriormente de la cimentación.

### 2.2.2. Normas consideradas

Cimentación: EHE-08

Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A

**Categoría de uso:** G1. Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento. No concomitante con el resto de acciones variables

### 2.2.3. Estados límite

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

## 2.2.4. Acciones consideradas y situaciones de proyecto

Las acciones consideradas en el proyecto son:

### Acciones permanentes (G)

Son aquellas que actúan sobre el edificio en todo momento y en posición constante.

En el cálculo de las acciones de la cubierta, son relevantes las acciones permanentes debidas al peso propio de los elementos estructurales y al peso del cerramiento, que en este caso son paneles de policarbonato celular, con un valor de  $0,02 \text{ kN/m}^2$ .

### Acciones variables (Q)

Son aquellas que pueden actuar ocasionalmente o no sobre el edificio.

La mayoría de las acciones variables tienen su origen en aspectos climáticos (viento, nieve...), en los que la variabilidad de su carga es bastante elevada.

Las acciones variables se clasifican en tres tipos:

#### - Sobrecarga de uso

La acción variable de sobrecarga de uso hace referencia al peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso, incluyendo tanto los efectos derivados del uso normal (personas, mobiliario, maquinaria...) así como las derivadas de la utilización poco habitual (por ejemplo la acumulación de personas).

La cubierta de la estructura sólo será accesible para su conservación, siendo la categoría de uso G y la subcategoría de uso es G1: cubierta ligera sobre correas sin forjado, que implica una sobrecarga de uso relativa o carga superficial de  $0,40 \text{ kN/m}^2$  no pudiendo actuar simultáneamente con otras acciones variables.

#### - Sobrecarga de nieve

Estas cargas son debidas al peso de la nieve que pueda acumularse sobre la estructura como consecuencia de nevadas en la zona.

La distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio dependen del clima del lugar, la altura topográfica, del tipo de precipitación, del relieve del entorno y de la forma del edificio o de la cubierta, ya que dependiendo de su geometría puede favorecer la acumulación de nieve.

La normativa aplicada para este tipo de acción variable es el CTE DB-SE-AE. Encontrándose la estructura en una zona climática invernal 5.

### - Sobrecarga de viento

La acción provocada por la carga del viento sobre el edificio viene determinada como fuerza por unidad de superficie, depende de la forma y dimensiones de dicha construcción, las características de su superficie y la intensidad, de la situación topográfica y de la dirección y racheo del viento.

Para el cálculo, se considera que el sentido del viento es horizontal en cualquier dirección, que incide perpendicularmente a la nave, generando una fuerza llamada presión estática.

La normativa aplicada para este tipo de acción variable es el CTE DB-SE-AE. Encontrándose la estructura en una zona eólica tipo A y grado de aspereza IV.

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

#### - Con coeficientes de combinación

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

#### - Sin coeficientes de combinación

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

-Donde:

$G_k$  Acción permanente

$P_k$  Acción de pretensado

$Q_k$  Acción variable

$g_G$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

$g_P$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción de pretensado

$g_{Q,1}$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

$g_{Q,i}$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

$y_{p,1}$  Coeficiente de combinación de la acción variable principal

$y_{a,i}$  Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

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

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

<b>Persistente o transitoria</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $y_p$ )	Acompañamiento ( $y_a$ )
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

<b>Persistente o transitoria (G1)</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $y_p$ )	Acompañamiento ( $y_a$ )
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

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

<b>Persistente o transitoria</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $y_p$ )	Acompañamiento ( $y_a$ )
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

<b>Persistente o transitoria (G1)</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $y_p$ )	Acompañamiento ( $y_a$ )
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

**Tensiones sobre el terreno**

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad (g)		Coeficientes de combinación (y)	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $y_p$ )	Acompañamiento ( $y_a$ )
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

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
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

**Desplazamientos**

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
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

<b>Característica</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
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

## 2.2.5. Comprobaciones

### 2.2.5.1. Pórticos de fachada

#### 2.2.5.1.1. Pilares de esquina.

Perfil: HE 120 B Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N1	N2	6.000	34.00	864.40	317.50	13.84
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral			
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.70	0.70	0.00	0.00		
L <sub>k</sub>	4.200	4.200	0.000	0.000		
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>	
N1/N2	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 6 m η = 2.1	x: 0 m η = 11.6	x: 0 m η = 32.8	x: 0 m η = 50.3	x: 0 m η = 7.5	x: 0 m η = 2.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 72.7	η < 0.1	η = 1.6	η = 0.4	x: 0 m η = 0.6	<b>CUMPLE</b> η = 72.7
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : 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.

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

$\bar{\lambda}$  : 1.58 ✓

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** : 34.00 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>**: 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>**: 373.05 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** 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<sub>cr,y</sub>**: 1015.63 kN

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

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

**N<sub>cr,z</sub>**: 373.05 kN

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>**: ∞

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

Donde:

**I<sub>y</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub>**: 864.40 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub>**: 317.50 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>**: Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub>**: 13.84 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>**: Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub>**: 9410.00 cm<sup>6</sup>

**E**: Módulo de elasticidad.

**E**: 210000 MPa

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

**G**: 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub>**: 4.200 m

**L<sub>kz</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub>**: 4.200 m

**L<sub>kt</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub>**: 0.000 m

**i<sub>0</sub>**: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub>**: 5.90 cm

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

Siendo:

**i<sub>y</sub>**, **i<sub>z</sub>**: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub>**: 5.04 cm

**i<sub>z</sub>**: 3.06 cm

**y<sub>0</sub>**, **z<sub>0</sub>**: 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<sub>0</sub>**: 0.00 mm

**z<sub>0</sub>**: 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:

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

**15.08 ≤ 159.14 ✓**

Donde:

<b>h<sub>w</sub></b> : Altura del alma.	<b>h<sub>w</sub></b> : <u>98.00</u> mm
<b>t<sub>w</sub></b> : Espesor del alma.	<b>t<sub>w</sub></b> : <u>6.50</u> mm
<b>A<sub>w</sub></b> : Área del alma.	<b>A<sub>w</sub></b> : <u>6.37</u> cm <sup>2</sup>
<b>A<sub>fc,ef</sub></b> : Área reducida del ala comprimida.	<b>A<sub>fc,ef</sub></b> : <u>13.20</u> cm <sup>2</sup>
<b>k</b> : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	<b>k</b> : <u>0.30</u>
<b>E</b> : Módulo de elasticidad.	<b>E</b> : <u>210000</u> MPa
<b>f<sub>yf</sub></b> : Límite elástico del acero del ala comprimida.	<b>f<sub>yf</sub></b> : <u>275.00</u> MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

**η : 0.021 ✓**

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **N<sub>t,Ed</sub>** : 18.43 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

**N<sub>t,Rd</sub>** = A · f<sub>yd</sub> **N<sub>t,Rd</sub>** : 890.48 kN

Donde:

<b>A</b> : Área bruta de la sección transversal de la barra.	<b>A</b> : <u>34.00</u> cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub></b> : <u>261.90</u> MPa

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

Siendo:

<b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub></b> : <u>275.00</u> MPa
<b>γ<sub>M0</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b>γ<sub>M0</sub></b> : <u>1.05</u>

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.033} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.116} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{c,Ed}} : \underline{29.75} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

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

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{890.48} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$\mathbf{A} : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>**: 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<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

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

$$\mathbf{N_{b,Rd}} : \underline{257.39} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

$\chi$ : Coeficiente de reducción por pandeo.

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

$\chi_y$  : 0.62

$\chi_z$  : 0.29

Siendo:

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

$\phi_y$  : 1.09

$\phi_z$  : 2.09

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y$  : 0.34

$\alpha_z$  : 0.49

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

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

$\bar{\lambda}_y$  : 0.96

$\bar{\lambda}_z$  : 1.58

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

$N_{cr}$  : 373.05 kN

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

$N_{cr,y}$  : 1015.63 kN

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

$N_{cr,z}$  : 373.05 kN

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.328 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H4.

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

$M_{Ed}^+$  : 14.18 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H1+0.75·N(EI).

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

$M_{Ed}^-$  : 11.21 kN·m

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

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

$M_{c,Rd}$  : 43.27 kN·m

Donde:

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

**Clase** : 1

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

$W_{pl,y}$  : 165.20 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

$f_y$ : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : 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:

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

$\eta$ : 0.503 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

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

$M_{Ed}^+$ : 8.62 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)1.

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

$M_{Ed}^-$ : 10.67 kN·m

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

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

$M_{c,Rd}$ : 21.21 kN·m

Donde:

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

**Clase:** 1

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

$W_{pl,z}$ : 80.97 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$ : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

$f_y$ : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : 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:

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

$\eta$ : 0.075 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4$ .

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub>** : 12.43 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{165.65} \text{ kN}$$

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante. **A<sub>v</sub>** : 10.96 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

**h**: Canto de la sección. **h** : 120.00 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma. **t<sub>w</sub>** : 6.50 mm

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>MO</sub>** : 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 11.38 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

**λ<sub>w</sub>**: Esbeltez del alma. **λ<sub>w</sub>** : 11.38

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

**λ<sub>máx</sub>**: Esbeltez máxima. **λ<sub>máx</sub>** : 64.71

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

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

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

Siendo:

**f<sub>ref</sub>**: Límite elástico de referencia. **f<sub>ref</sub>** : 235.00 MPa

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.021} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{V_{Ed}} : \underline{8.86} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

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

$$\mathbf{V_{c,Rd}} : \underline{417.80} \text{ kN}$$

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante.

$$\mathbf{A_v} : \underline{27.63} \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{A_v} = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta.

$$\mathbf{A} : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

**d**: Altura del alma.

$$\mathbf{d} : \underline{98.00} \text{ mm}$$

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

$$\mathbf{t_w} : \underline{6.50} \text{ mm}$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

### 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<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

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

$$\mathbf{12.43 \text{ kN} \leq 82.83 \text{ kN}} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H4.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{V_{Ed}} : \underline{12.43} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{165.65} \text{ kN}$$

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

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

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

$$8.86 \text{ kN} \leq 208.90 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{8.86} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{417.80} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.727} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.540} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.671} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{5.52} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{9.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^- : \underline{10.67} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**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 compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{890.48} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{43.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{21.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

**A:** Área de la sección bruta.

**A:**  $\underline{34.00}$  cm<sup>2</sup>

**W<sub>pl,y</sub>, W<sub>pl,z</sub>:** Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

**W<sub>pl,y</sub>:**  $\underline{165.20}$  cm<sup>3</sup>

**W<sub>pl,z</sub>:**  $\underline{80.97}$  cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>:**  $\underline{261.90}$  MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>:**  $\underline{275.00}$  MPa

**γ<sub>M1</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M1</sub>:**  $\underline{1.05}$

**k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub>:** Coeficientes de interacción.

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

**k<sub>y</sub>:**  $\underline{1.01}$

$$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

**k<sub>z</sub>:**  $\underline{1.03}$

**C<sub>m,y</sub>, C<sub>m,z</sub>:** Factores de momento flector uniforme equivalente.

**C<sub>m,y</sub>:**  $\underline{1.00}$

**C<sub>m,z</sub>:**  $\underline{1.00}$

**χ<sub>y</sub>, χ<sub>z</sub>:** Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

**χ<sub>y</sub>:**  $\underline{0.62}$

**χ<sub>z</sub>:**  $\underline{0.29}$

**λ̄<sub>y</sub>, λ̄<sub>z</sub>:** Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

**λ̄<sub>y</sub>:**  $\underline{0.96}$

**λ̄<sub>z</sub>:**  $\underline{1.58}$

**α<sub>y</sub>, α<sub>z</sub>:** Factores dependientes de la clase de la sección.

**α<sub>y</sub>:**  $\underline{0.60}$

**α<sub>z</sub>:**  $\underline{0.60}$

**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<sub>Ed</sub>** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H4.

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

**12.43 kN ≤ 82.72 kN** ✓

Donde:

**V<sub>Ed,z</sub>:** Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed,z</sub>:**  $\underline{12.43}$  kN

**V<sub>c,Rd,z</sub>:** Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

**V<sub>c,Rd,z</sub>:**  $\underline{165.45}$  kN

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.016} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

**M<sub>T,Ed</sub>**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M}_{T,Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo **M<sub>T,Rd</sub>** viene dado por:

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

$$\mathbf{M}_{T,Rd} : \underline{1.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**W<sub>T</sub>**: Módulo de resistencia a torsión.

$$\mathbf{W}_T : \underline{12.58} \text{ cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

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

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{V}_{Ed} : \underline{0.62} \text{ kN}$$

**M<sub>T,Ed</sub>**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M}_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V<sub>pl,T,Rd</sub>** viene dado por:

$$\mathbf{V}_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$\mathbf{V}_{pl,T,Rd} : \underline{165.45} \text{ kN}$$

Donde:

**V<sub>pl,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$\mathbf{V}_{pl,Rd} : \underline{165.65} \text{ kN}$$

**τ<sub>T,Ed</sub>**: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\mathbf{\tau}_{T,Ed} : \underline{0.46} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**W<sub>T</sub>**: Módulo de resistencia a torsión.

**W<sub>T</sub>** : 12.58 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>MO</sub>** : 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** : 0.006 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed</sub>** : 2.30 kN

**M<sub>T,Ed</sub>**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>T,Ed</sub>** : 0.01 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V<sub>pl,T,Rd</sub>** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

**V<sub>pl,T,Rd</sub>** : 417.06 kN

Donde:

**V<sub>pl,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

**V<sub>pl,Rd</sub>** : 417.80 kN

**τ<sub>T,Ed</sub>**: Tensiones tangenciales por torsión.

**τ<sub>T,Ed</sub>** : 0.66 MPa

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

Siendo:

**W<sub>T</sub>**: Módulo de resistencia a torsión.

**W<sub>T</sub>** : 12.58 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

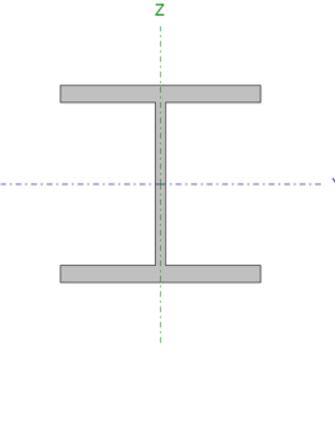
**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>MO</sub>** : 1.05

### 2.2.5.1.2. Pilares hastiales

Perfil: HE 120 B Material: Acero (S275)							
Nudos	Longitud		Características mecánicas				
	Inicial	Final	(m)	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N163	N22	6.960	34.00	864.40	317.50	13.84	
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	0.70	0.70	0.00	0.00		
	L <sub>K</sub>	4.872	4.872	0.000	0.000		
	C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>	-		1.000				
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N163/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 6.96 m η = 1.0	x: 0 m η = 8.8	x: 0 m η = 54.9	x: 0 m η = 0.4	x: 0 m η = 9.3	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 55.6	x: 0 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 55.6
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez λ <sub>w</sub> : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : 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 momento torsor. (2) 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 comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

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

$$\bar{\lambda} : \underline{1.84} \quad \checkmark$$

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:** 34.00 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>:** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico. **N<sub>cr</sub>:** 277.24 kN

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

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

$$N_{cr,y} : \underline{754.78} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{cr,z} : \underline{277.24} \text{ kN}$$

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

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

Donde:

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

$$I_y : \underline{864.40} \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{317.50} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{13.84} \text{ cm}^4$$

$I_w$ : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{9410.00} \text{ cm}^6$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

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

$$L_{ky} : \underline{4.872} \text{ m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{4.872} \text{ m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

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

$$i_0 : \underline{5.90} \text{ cm}$$

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

Siendo:

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

$$i_y : \underline{5.04} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{3.06} \text{ cm}$$

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

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

**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:

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

$$15.08 \leq 159.14 \checkmark$$

Donde:

<b>h<sub>w</sub></b> : Altura del alma.	<b>h<sub>w</sub></b> : <u>98.00</u> mm
<b>t<sub>w</sub></b> : Espesor del alma.	<b>t<sub>w</sub></b> : <u>6.50</u> mm
<b>A<sub>w</sub></b> : Área del alma.	<b>A<sub>w</sub></b> : <u>6.37</u> cm <sup>2</sup>
<b>A<sub>fc,ef</sub></b> : Área reducida del ala comprimida.	<b>A<sub>fc,ef</sub></b> : <u>13.20</u> cm <sup>2</sup>
<b>k</b> : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	<b>k</b> : <u>0.30</u>
<b>E</b> : Módulo de elasticidad.	<b>E</b> : <u>210000</u> MPa
<b>f<sub>yf</sub></b> : Límite elástico del acero del ala comprimida.	<b>f<sub>yf</sub></b> : <u>275.00</u> MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.010} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N22, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

<b>N<sub>t,Ed</sub></b> : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.	<b>N<sub>t,Ed</sub></b> : <u>9.32</u> kN
---	--

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

<b>N<sub>t,Rd</sub></b> = A · f <sub>yd</sub>	<b>N<sub>t,Rd</sub></b> : <u>890.48</u> kN
---	--

Donde:

<b>A</b> : Área bruta de la sección transversal de la barra.	<b>A</b> : <u>34.00</u> cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub></b> : <u>261.90</u> MPa

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

Siendo:

<b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub></b> : <u>275.00</u> MPa
<b>γ<sub>M0</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b>γ<sub>M0</sub></b> : <u>1.05</u>

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

Se debe satisfacer:

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

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

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

$$\eta : \underline{0.088} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N163, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{c,Ed}} : \underline{17.84} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

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

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{890.48} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$\mathbf{A} : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>**: 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<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

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

$$\mathbf{N_{b,Rd}} : \underline{201.94} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

**χ**: Coeficiente de reducción por pandeo.

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

$$\mathbf{\chi_y} : \underline{0.53}$$

$$\mathbf{\chi_z} : \underline{0.23}$$

Siendo:

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

$$\mathbf{\phi_y} : \underline{1.27}$$

$$\mathbf{\phi_z} : \underline{2.59}$$

**α**: Coeficiente de imperfección elástica.

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

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

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

$N_{cr}$ : 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.

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{1.11}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{1.84}$$

$$N_{cr} : \underline{277.24} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : \underline{754.78} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : \underline{277.24} \text{ kN}$$

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.549} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N163, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{23.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N163, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

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

$$M_{Ed}^- : \underline{20.83} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{43.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.

$$W_{pl,y} : \underline{165.20} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{MO}$ : 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:

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

$$\eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N163, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^+} : \underline{0.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N163, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^-} : \underline{0.07} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} : \underline{21.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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<sub>pl,z</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$\mathbf{W_{pl,z}} : \underline{80.97} \text{ cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.093} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N163, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{V_{Ed}} : \underline{15.40} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{165.65} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v : \underline{10.96} \text{ cm}^2$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.  $h : \underline{120.00} \text{ mm}$

$t_w$ : Espesor del alma.  $t_w : \underline{6.50} \text{ mm}$

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

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

Siendo:

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

$\gamma_{M0}$ : 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 11.38 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.  $\lambda_w : \underline{11.38}$

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

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

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

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

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.  $f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub>** : 0.01 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{417.80} \text{ kN}$$

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante. **A<sub>v</sub>** : 27.63 cm<sup>2</sup>

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta. **A** : 34.00 cm<sup>2</sup>

**d**: Altura del alma. **d** : 98.00 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma. **t<sub>w</sub>** : 6.50 mm

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>MO</sub>** : 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<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 15.40 \text{ kN} \leq 82.83 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N163, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub>** : 15.40 kN

**V<sub>c,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V<sub>c,Rd</sub>** : 165.65 kN

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

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

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

$$0.01 \text{ kN} \leq 208.90 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N163, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{417.80} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.556} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.545} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N163, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

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

$$N_{t,Ed} : \underline{5.20} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{23.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{890.48} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{43.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{21.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

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

$$M_{ef,Ed} : \underline{23.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{142.69} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{com,Ed}} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

**W<sub>y,com</sub>**: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$\mathbf{W_{y,com}} : \underline{165.20} \text{ cm}^3$$

**A**: Área de la sección bruta.

$$\mathbf{A} : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

**M<sub>b,Rd,y</sub>**: Momento flector resistente de cálculo.

$$\mathbf{M_{b,Rd,y}} : \underline{43.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

### **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<sub>Ed</sub>** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N163, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$\mathbf{15.40 \text{ kN} \leq 82.83 \text{ kN}} \quad \checkmark$$

Donde:

**V<sub>Ed,z</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{V_{Ed,z}} : \underline{15.40} \text{ kN}$$

**V<sub>c,Rd,z</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$\mathbf{V_{c,Rd,z}} : \underline{165.65} \text{ kN}$$

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

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

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

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

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

### 2.2.5.1.3. Jácena.

Perfil: IPE 100 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N140	N144	1.057	10.30	171.00	15.90	1.20
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme						
		Pandeo		Pandeo lateral		
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
β		0.00	3.98	0.00	0.00	
L <sub>K</sub>		0.000	4.210	0.000	0.000	
C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000	
C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>	
N140/N144	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.057 m η = 4.8	x: 0 m η = 6.2	x: 0 m η = 72.3	x: 1.057 m η = 11.5	x: 0 m η = 11.7	x: 0 m η = 0.5	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 77.2	η < 0.1	η = 2.5	x: 0 m η = 6.1	x: 0 m η = 0.3	<b>CUMPLE</b> η = 77.2
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : 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.

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

$$\bar{\lambda} : \underline{1.19} \quad \checkmark$$

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 :** 10.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub> :** 199.96 kN

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

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

$$N_{cr,y} : \underline{199.96} \text{ kN}$$

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

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

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

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

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

Donde:

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

$$I_y : \underline{171.00} \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{15.90} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{1.20} \text{ cm}^4$$

$I_w$ : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{350.00} \text{ cm}^6$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

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

$$L_{ky} : \underline{4.210} \text{ m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{0.000} \text{ m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

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

$$i_0 : \underline{4.26} \text{ cm}$$

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

Siendo:

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

$$i_y : \underline{4.07} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{1.24} \text{ cm}$$

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

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

**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:

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

$$21.61 \leq 246.60 \checkmark$$

Donde:

<b>h<sub>w</sub></b> : Altura del alma.	<b>h<sub>w</sub></b> : <u>88.60</u> mm
<b>t<sub>w</sub></b> : Espesor del alma.	<b>t<sub>w</sub></b> : <u>4.10</u> mm
<b>A<sub>w</sub></b> : Área del alma.	<b>A<sub>w</sub></b> : <u>3.63</u> cm <sup>2</sup>
<b>A<sub>fc,ef</sub></b> : Área reducida del ala comprimida.	<b>A<sub>fc,ef</sub></b> : <u>3.14</u> cm <sup>2</sup>
<b>k</b> : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	<b>k</b> : <u>0.30</u>
<b>E</b> : Módulo de elasticidad.	<b>E</b> : <u>210000</u> MPa
<b>f<sub>yf</sub></b> : Límite elástico del acero del ala comprimida.	<b>f<sub>yf</sub></b> : <u>275.00</u> MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.048} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N144, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **N<sub>t,Ed</sub>** : 13.01 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd} \qquad N_{t,Rd} : \underline{269.76} \text{ kN}$$

Donde:

<b>A</b> : Área bruta de la sección transversal de la barra.	<b>A</b> : <u>10.30</u> cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub></b> : <u>261.90</u> MPa

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

Siendo:

<b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub></b> : <u>275.00</u> MPa
<b>γ<sub>MO</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b>γ<sub>MO</sub></b> : <u>1.05</u>

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.033} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.062} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N140, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **N<sub>c,Ed</sub>** : 8.94 kN

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

**N<sub>c,Rd</sub>** =  $A \cdot f_{yd}$  **N<sub>c,Rd</sub>** : 269.76 kN

Donde:

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

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 10.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M0</sub>** : 1.05

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

La resistencia de cálculo a pandeo **N<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

**N<sub>b,Rd</sub>** =  $\chi \cdot A \cdot f_{yd}$  **N<sub>b,Rd</sub>** : 144.65 kN

Donde:

**A**: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : 10.30 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M1</sub>** : 1.05

**χ**: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1 \quad \chi_y : \underline{0.54}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2 \right] \quad \phi_y : \underline{1.31}$$

**α**: Coeficiente de imperfección elástica. **α<sub>y</sub>** : 0.21

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

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

$\bar{\lambda}_y$  : 1.19

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

**N<sub>cr</sub>** : 199.96 kN

**N<sub>cr,y</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

**N<sub>cr,y</sub>** : 199.96 kN

**N<sub>cr,z</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

**N<sub>cr,z</sub>** : ∞

**N<sub>cr,T</sub>**: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

**N<sub>cr,T</sub>** : ∞

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.723 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N140, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>** : 7.46 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N140, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(EI).

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>** : 5.04 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

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

**M<sub>c,Rd</sub>** : 10.32 kN·m

Donde:

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

**Clase** : 1

**W<sub>pl,y</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**W<sub>pl,y</sub>** : 39.40 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub>** : 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:

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

$\eta$  : 0.115 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N144, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>** : 0.28 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N144, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>** : 0.18 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

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

**M<sub>c,Rd</sub>** : 2.41 kN·m

Donde:

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

**Clase** : 1

**W<sub>pl,z</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**W<sub>pl,z</sub>** : 9.20 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>MO</sub>** : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.117 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N140, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed</sub>** : 8.95 kN

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{76.54} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v : \underline{5.06} \text{ cm}^2$

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

$h$ : Canto de la sección.  $h : \underline{100.00} \text{ mm}$

$t_w$ : Espesor del alma.  $t_w : \underline{4.10} \text{ mm}$

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

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

Siendo:

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

$\gamma_{M0}$ : 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 18.20 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.  $\lambda_w : \underline{18.20}$

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

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

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

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

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.  $f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N140, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{V_{Ed}} : \underline{0.48} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

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

$$\mathbf{V_{c,Rd}} : \underline{100.82} \text{ kN}$$

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante.

$$\mathbf{A_v} : \underline{6.67} \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{A_v} = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta.

$$\mathbf{A} : \underline{10.30} \text{ cm}^2$$

**d**: Altura del alma.

$$\mathbf{d} : \underline{88.60} \text{ mm}$$

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

$$\mathbf{t_w} : \underline{4.10} \text{ mm}$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

### 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<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

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

$$\mathbf{8.95 \text{ kN} \leq 38.27 \text{ kN}} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{V_{Ed}} : \underline{8.95} \text{ kN}$$

**V<sub>c,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$\mathbf{V_{c,Rd}} : \underline{76.54} \text{ kN}$$

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

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.48 \text{ kN} \leq 50.41 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : \underline{0.48} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : \underline{100.82} \text{ kN}$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.772} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.685} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N140, para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H1$ .

Donde:

$N_{t,Ed}$ : Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.  $N_{t,Ed} : \underline{12.96} \text{ kN}$

$M_{y,Ed}$ ,  $M_{z,Ed}$ : Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{y,Ed}^+ : \underline{7.46} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{z,Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**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.  $N_{pl,Rd} : \underline{269.76} \text{ kN}$

$M_{pl,Rd,y}$ ,  $M_{pl,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.  $M_{pl,Rd,y} : \underline{10.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$M_{pl,Rd,z} : \underline{2.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  $M_{ef,Ed} : \underline{7.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.  $\sigma_{com,Ed} : \underline{179.17} \text{ MPa}$

$$\sigma_{\text{com,Ed}} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

**W<sub>y,com</sub>**: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

**W<sub>y,com</sub>** : 39.40 cm<sup>3</sup>

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 10.30 cm<sup>2</sup>

**M<sub>b,Rd,y</sub>**: Momento flector resistente de cálculo.

**M<sub>b,Rd,y</sub>** : 10.32 kN·m

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

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

**8.95 kN** ≤ **38.27 kN** ✓

Donde:

**V<sub>Ed,z</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed,z</sub>** : 8.95 kN

**V<sub>c,Rd,z</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

**V<sub>c,Rd,z</sub>** : 76.54 kN

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

Se debe satisfacer:

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

**η** : 0.025 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

**M<sub>T,Ed</sub>**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>T,Ed</sub>** : 0.01 kN·m

El momento torsor resistente de cálculo **M<sub>T,Rd</sub>** viene dado por:

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

**M<sub>T,Rd</sub>** : 0.32 kN·m

Donde:

**W<sub>T</sub>**: Módulo de resistencia a torsión.

**W<sub>T</sub>** : 2.11 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y$ : 275.00 MPa  
 $\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M0}$ : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$ : 0.061 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N140, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$ : 4.69 kN

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.  $M_{T,Ed}$ : 0.00 kN·m

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$ : 76.22 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{pl,Rd}$ : 76.54 kN

$\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.  $\tau_{T,Ed}$ : 1.55 MPa

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

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  $W_T$ : 2.11 cm<sup>3</sup>

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

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

Siendo:

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

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M0}$ : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$ : 0.003 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N140, para la combinación de acciones  
 $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub>** : 0.30 kN

**M<sub>T,Ed</sub>**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **M<sub>T,Ed</sub>** : 0.00 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V<sub>pl,T,Rd</sub>** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd} : \underline{100.40} \text{ kN}$$

Donde:

**V<sub>pl,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V<sub>pl,Rd</sub>** : 100.82 kN

**τ<sub>T,Ed</sub>**: Tensiones tangenciales por torsión. **τ<sub>T,Ed</sub>** : 1.55 MPa

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

Siendo:

**W<sub>T</sub>**: Módulo de resistencia a torsión. **W<sub>T</sub>** : 2.11 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>MO</sub>** : 1.05

## 2.2.5.2. Pórticos interiores

### 2.2.5.2.1. Pilares

Perfil: HE 200 B Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N118	N119	6.000	78.10	5696.00	2003.00	59.28
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		0.70	1.40	0.00	0.00	
L <sub>k</sub>		4.200	8.400	0.000	0.000	
C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000	
C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N118/N119	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 6 m η = 3.0	x: 0 m η = 6.4	x: 6 m η = 92.3	x: 0 m η = 0.5	x: 6 m η = 18.2	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 6 m η = 95.3	η < 0.1	η = 0.5	η = 9.4	η < 0.1	<b>CUMPLE</b> η = 95.3
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez λ <sub>w</sub> : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : 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.

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

$$\bar{\lambda} : \underline{1.13} \quad \checkmark$$

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.

$$\mathbf{A} : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 1673.13 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

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

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

**N<sub>cr,y</sub>** : 1673.13 kN

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

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

**N<sub>cr,z</sub>** : 2353.43 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

**N<sub>cr,T</sub>** : ∞

Donde:

**I<sub>y</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub>** : 5696.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub>** : 2003.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>**: Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub>** : 59.28 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>**: Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub>** : 171100.00 cm<sup>6</sup>

**E**: Módulo de elasticidad.

**E** : 210000 MPa

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

**G** : 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub>** : 8.400 m

**L<sub>kz</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub>** : 4.200 m

**L<sub>kt</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub>** : 0.000 m

**i<sub>0</sub>**: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub>** : 9.93 cm

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

Siendo:

**i<sub>y</sub>**, **i<sub>z</sub>**: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub>** : 8.54 cm

**i<sub>z</sub>** : 5.06 cm

**y<sub>0</sub>**, **z<sub>0</sub>**: 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<sub>0</sub>** : 0.00 mm

**z<sub>0</sub>** : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

$$18.89 \leq 163.60 \quad \checkmark$$

Donde:

**h<sub>w</sub>**: Altura del alma.

$$h_w : \underline{170.00} \text{ mm}$$

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.00} \text{ mm}$$

**A<sub>w</sub>**: Área del alma.

$$A_w : \underline{15.30} \text{ cm}^2$$

**A<sub>fc,ef</sub>**: Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \underline{30.00} \text{ cm}^2$$

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

$$k : \underline{0.30}$$

**E**: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

**f<sub>yf</sub>**: Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.030} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N119, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{60.86} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

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

$$N_{t,Rd} : \underline{2045.48} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.033} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.064} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N118, para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(EI)$ .

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{c,Ed}} : \underline{67.53} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

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

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{2045.48} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$\mathbf{A} : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>**: 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<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

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

$$\mathbf{N_{b,Rd}} : \underline{1055.03} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

**χ**: Coeficiente de reducción por pandeo.

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

$$\mathbf{\chi_y} : \underline{0.52}$$

$$\mathbf{\chi_z} : \underline{0.57}$$

Siendo:

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

$$\mathbf{\phi_y} : \underline{1.30}$$

$$\mathbf{\phi_z} : \underline{1.14}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.	$\alpha_y$ : <u>0.34</u>
	$\alpha_z$ : <u>0.49</u>
$\bar{\lambda}$ : Esbeltez reducida.	$\bar{\lambda}_y$ : <u>1.13</u>
$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$	$\bar{\lambda}_z$ : <u>0.96</u>
$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	$N_{cr}$ : <u>1673.13</u> kN
$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr,y}$ : <u>1673.13</u> kN
$N_{cr,z}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr,z}$ : <u>2353.43</u> kN
$N_{cr,T}$ : Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$N_{cr,T}$ : <u><math>\infty</math></u>

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.923} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N119, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{155.32}$$
 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N119, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{130.99}$$
 kN·m

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{168.27}$$
 kN·m

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{642.50}$$
 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90}$$
 MPa

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{275.00}$$
 MPa

$\gamma_{M0}$ : 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:

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

$\eta$  : 0.005 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N118, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>** : 0.37 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N118, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)1.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>** : 0.33 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

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

**M<sub>c,Rd</sub>** : 80.09 kN·m

Donde:

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

**Clase** : 1

**W<sub>pl,z</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**W<sub>pl,z</sub>** : 305.80 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub>** : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.182 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N119, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed</sub>** : 68.29 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

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

**V<sub>c,Rd</sub>** : 375.76 kN

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante.

**A<sub>v</sub>** : 24.85 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

**h**: Canto de la sección.

**h** : 200.00 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**t<sub>w</sub>** : 9.00 mm

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub>** : 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:

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

**14.89 < 64.71** ✓

Donde:

**λ<sub>w</sub>**: Esbeltez del alma.

**λ<sub>w</sub>** : 14.89

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

**λ<sub>máx</sub>**: Esbeltez máxima.

**λ<sub>máx</sub>** : 64.71

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

**ε**: Factor de reducción.

**ε** : 0.92

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

Siendo:

**f<sub>ref</sub>**: Límite elástico de referencia.

**f<sub>ref</sub>** : 235.00 MPa

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

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

**η < 0.001** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : \underline{0.06} \text{ kN}$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{949.60} \text{ kN}$$

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v : \underline{62.80} \text{ cm}^2$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$A$ : Área de la sección bruta.  $A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$

$d$ : Altura del alma.  $d : \underline{170.00} \text{ mm}$

$t_w$ : Espesor del alma.  $t_w : \underline{9.00} \text{ mm}$

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

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

Siendo:

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

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{M0} : \underline{1.05}$

### **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  $V_{c,Rd}$ .

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 39.35 \text{ kN} \leq 187.88 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$ .

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : \underline{39.35} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{c,Rd} : \underline{375.76} \text{ kN}$

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

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

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

$$0.06 \text{ kN} \leq 474.80 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.06} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{949.60} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.953} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.900} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N119, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

Donde:

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

$$N_{t,Ed} : \underline{60.86} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{155.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{2045.48} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{168.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{80.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

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

$$M_{ef,Ed} : \underline{151.32} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$ : Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{235.51} \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{com,Ed}} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

**W<sub>y,com</sub>**: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

**W<sub>y,com</sub>** : 642.50 cm<sup>3</sup>

**A**: Área de la sección bruta.

**A** : 78.10 cm<sup>2</sup>

**M<sub>b,Rd,y</sub>**: Momento flector resistente de cálculo.

**M<sub>b,Rd,y</sub>** : 168.27 kN·m

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

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V<sub>Ed</sub>** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

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

**39.35 kN ≤ 187.54 kN** ✓

Donde:

**V<sub>Ed,z</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed,z</sub>** : 39.35 kN

**V<sub>c,Rd,z</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

**V<sub>c,Rd,z</sub>** : 375.08 kN

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

Se debe satisfacer:

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

**η : 0.005** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

**M<sub>T,Ed</sub>**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>T,Ed</sub>** : 0.03 kN·m

El momento torsor resistente de cálculo **M<sub>T,Rd</sub>** viene dado por:

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

**M<sub>T,Rd</sub>** : 5.98 kN·m

Donde:

**W<sub>T</sub>**: Módulo de resistencia a torsión.

**W<sub>T</sub>** : 39.52 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>MO</sub>** : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.094 ✓

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

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed</sub>** : 35.36 kN

**M<sub>T,Ed</sub>**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>T,Ed</sub>** : 0.03 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V<sub>pl,T,Rd</sub>** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

**V<sub>pl,T,Rd</sub>** : 375.08 kN

Donde:

**V<sub>pl,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

**V<sub>pl,Rd</sub>** : 375.76 kN

**τ<sub>T,Ed</sub>**: Tensiones tangenciales por torsión.

**τ<sub>T,Ed</sub>** : 0.68 MPa

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

Siendo:

**W<sub>T</sub>**: Módulo de resistencia a torsión.

**W<sub>T</sub>** : 39.52 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>MO</sub>** : 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·PP+1.5·Q.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed</sub>** : 0.01 kN

**M<sub>T,Ed</sub>**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>T,Ed</sub>** : 0.03 kN·m

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{947.89 \text{ kN}}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{949.60 \text{ kN}}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.68 \text{ MPa}}$$

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

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{39.52 \text{ cm}^3}$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90 \text{ MPa}}$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{275.00 \text{ MPa}}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

### 2.2.5.2.2. Jácena interior

Perfil: IPE 300 Material: Acero (S275)						
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )
N138	N120	1.040	53.80	8356.00	604.00	20.10
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	20.00	0.00	0.00	
L <sub>k</sub>		0.000	20.800	0.000	0.000	
C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000	
C <sub>1</sub>		-		1.000		
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N138/N120	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 1.04 m η = 5.3	x: 0 m η = 15.0	x: 0.867 m η = 56.3	x: 0 m η = 1.1	x: 0 m η = 2.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.04 m η = 69.3	η < 0.1	η = 0.1	x: 0 m η = 1.2	η < 0.1	<b>CUMPLE</b> η = 69.3
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : 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.

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

$$\bar{\lambda} : \underline{1.92} \quad \checkmark$$

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.

$$\mathbf{A} : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico de pandeo elástico.

$$\mathbf{N}_{cr} : \underline{400.30} \text{ kN}$$

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

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

$$N_{cr,y} : \underline{400.30} \text{ kN}$$

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

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

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

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

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

Donde:

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

$$I_y : \underline{8356.00} \text{ cm}^4$$

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

$$I_z : \underline{604.00} \text{ cm}^4$$

$I_t$ : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{20.10} \text{ cm}^4$$

$I_w$ : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{126000.00} \text{ cm}^6$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

$G$ : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

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

$$L_{ky} : \underline{20.800} \text{ m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{0.000} \text{ m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

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

$$i_0 : \underline{12.91} \text{ cm}$$

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

Siendo:

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

$$i_y : \underline{12.46} \text{ cm}$$

$$i_z : \underline{3.35} \text{ cm}$$

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

$$y_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$z_0 : \underline{0.00} \text{ mm}$$

**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:

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

$$39.24 \leq 254.33 \checkmark$$

Donde:

<b>h<sub>w</sub></b> : Altura del alma.	<b>h<sub>w</sub></b> : <u>278.60</u> mm
<b>t<sub>w</sub></b> : Espesor del alma.	<b>t<sub>w</sub></b> : <u>7.10</u> mm
<b>A<sub>w</sub></b> : Área del alma.	<b>A<sub>w</sub></b> : <u>19.78</u> cm <sup>2</sup>
<b>A<sub>fc,ef</sub></b> : Área reducida del ala comprimida.	<b>A<sub>fc,ef</sub></b> : <u>16.05</u> cm <sup>2</sup>
<b>k</b> : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	<b>k</b> : <u>0.30</u>
<b>E</b> : Módulo de elasticidad.	<b>E</b> : <u>210000</u> MPa
<b>f<sub>yf</sub></b> : Límite elástico del acero del ala comprimida.	<b>f<sub>yf</sub></b> : <u>275.00</u> MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.053} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N120, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **N<sub>t,Ed</sub>** : 75.03 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd} \qquad N_{t,Rd} : \underline{1409.05} \text{ kN}$$

Donde:

<b>A</b> : Área bruta de la sección transversal de la barra.	<b>A</b> : <u>53.80</u> cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>yd</sub></b> : Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub></b> : <u>261.90</u> MPa

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

Siendo:

<b>f<sub>y</sub></b> : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub></b> : <u>275.00</u> MPa
<b>γ<sub>M0</sub></b> : Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b>γ<sub>M0</sub></b> : <u>1.05</u>

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.036} \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.150} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N138, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{c,Ed}} : \underline{50.72} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

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

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{1409.05} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$\mathbf{A} : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>**: 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<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

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

$$\mathbf{N_{b,Rd}} : \underline{337.76} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

**χ**: Coeficiente de reducción por pandeo.

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

$$\mathbf{\chi_y} : \underline{0.24}$$

Siendo:

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

$$\mathbf{\phi_y} : \underline{2.53}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.  $\alpha_y$ : 0.21

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

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \quad \bar{\lambda}_y : \underline{1.92}$$

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:  $N_{cr}$ : 400.30 kN

$N_{cr,y}$ : Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.  $N_{cr,y}$ : 400.30 kN

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.563} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.867 m del nudo N138, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$M_{Ed}^+$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  $M_{Ed}^+$ : 88.01 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.867 m del nudo N138, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$M_{Ed}^-$ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.  $M_{Ed}^-$ : 92.62 kN·m

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd} \quad M_{c,Rd} : \underline{164.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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.  $W_{pl,y}$ : 628.00 cm<sup>3</sup>

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

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

Siendo:

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

$\gamma_{M0}$ : 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:

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

$\eta$  : 0.011 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N138, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>** : 0.34 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N138, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>** : 0.35 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

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

**M<sub>c,Rd</sub>** : 32.74 kN·m

Donde:

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

**Clase** : 1

**W<sub>pl,z</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**W<sub>pl,z</sub>** : 125.00 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub>** : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.024 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N138, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

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

$V_{Ed}$  : 9.21 kN

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

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

$V_{c,Rd}$  : 388.15 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 25.67 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

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.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : 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:

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

**35.01 < 64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 35.01

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

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

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$\varepsilon$  : 0.92

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

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

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

$f_y$  : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta < 0.001$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub>** : 0.07 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

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

**V<sub>c,Rd</sub>** : 514.41 kN

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante. **A<sub>v</sub>** : 34.02 cm<sup>2</sup>

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta. **A** : 53.80 cm<sup>2</sup>

**d**: Altura del alma. **d** : 278.60 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma. **t<sub>w</sub>** : 7.10 mm

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M0</sub>** : 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<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

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

**9.21 kN ≤ 194.08 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub>** : 9.21 kN

**V<sub>c,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V<sub>c,Rd</sub>** : 388.15 kN

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

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

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

$$0.07 \text{ kN} \leq 257.21 \text{ kN} \quad \checkmark$$

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

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

$$V_{Ed} : \underline{0.07} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{514.41} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.569} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.693} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.382} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N120, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{36.01} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{88.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**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 compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{1409.05} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{164.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{32.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

<b>A:</b> Área de la sección bruta.	<b>A :</b> $\frac{53.80}{\text{cm}^2}$
<b>W<sub>pl,y</sub>, W<sub>pl,z</sub>:</b> Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>W<sub>pl,y</sub> :</b> $\frac{628.00}{\text{cm}^3}$ <b>W<sub>pl,z</sub> :</b> $\frac{125.00}{\text{cm}^3}$
<b>f<sub>yd</sub>:</b> Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub> :</b> $\frac{261.90}{\text{MPa}}$
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
<b>f<sub>y</sub>:</b> Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub> :</b> $\frac{275.00}{\text{MPa}}$
<b>γ<sub>M1</sub>:</b> Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b>γ<sub>M1</sub> :</b> $\frac{1.05}{\text{}}$

**k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub>:** Coeficientes de interacción.

$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	<b>k<sub>y</sub> :</b> $\frac{1.09}{\text{}}$
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	<b>k<sub>z</sub> :</b> $\frac{1.00}{\text{}}$

**C<sub>m,y</sub>, C<sub>m,z</sub>:** Factores de momento flector uniforme equivalente.

<b>C<sub>m,y</sub> :</b> $\frac{1.00}{\text{}}$
<b>C<sub>m,z</sub> :</b> $\frac{1.00}{\text{}}$

**χ<sub>y</sub>, χ<sub>z</sub>:** Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

<b>χ<sub>y</sub> :</b> $\frac{0.24}{\text{}}$
<b>χ<sub>z</sub> :</b> $\frac{1.00}{\text{}}$

**λ̄<sub>y</sub>, λ̄<sub>z</sub>:** Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

<b>λ̄<sub>y</sub> :</b> $\frac{1.92}{\text{}}$
<b>λ̄<sub>z</sub> :</b> $\frac{0.00}{\text{}}$

**α<sub>y</sub>, α<sub>z</sub>:** Factores dependientes de la clase de la sección.

<b>α<sub>y</sub> :</b> $\frac{0.60}{\text{}}$
<b>α<sub>z</sub> :</b> $\frac{0.60}{\text{}}$

**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<sub>Ed</sub>** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$	<b>9.21 kN ≤ 194.03 kN</b> ✓
--------------------------------------	------------------------------

Donde:

<b>V<sub>Ed,z</sub>:</b> Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	<b>V<sub>Ed,z</sub> :</b> $\frac{9.21}{\text{kN}}$
<b>V<sub>c,Rd,z</sub>:</b> Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	<b>V<sub>c,Rd,z</sub> :</b> $\frac{388.05}{\text{kN}}$

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

Se debe satisfacer:

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

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

**M<sub>T,Ed</sub>**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M}_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo **M<sub>T,Rd</sub>** viene dado por:

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

$$\mathbf{M}_{T,Rd} : \underline{2.84} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**W<sub>T</sub>**: Módulo de resistencia a torsión.

$$\mathbf{W}_T : \underline{18.79} \text{ cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f}_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.012} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N138, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{V}_{Ed} : \underline{4.62} \text{ kN}$$

**M<sub>T,Ed</sub>**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M}_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V<sub>pl,T,Rd</sub>** viene dado por:

$$\mathbf{V}_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$\mathbf{V}_{pl,T,Rd} : \underline{388.05} \text{ kN}$$

Donde:

**V<sub>pl,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$\mathbf{V}_{pl,Rd} : \underline{388.15} \text{ kN}$$

**τ<sub>T,Ed</sub>**: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\mathbf{\tau}_{T,Ed} : \underline{0.10} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{18.79} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{MO}$ : 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:

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

$$\eta < \underline{0.001} \checkmark$$

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

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

$$V_{Ed} : \underline{0.07} \text{ kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{514.27} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{514.41} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.10} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{18.79} \text{ cm}^3$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

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

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

### 2.2.5.2.3. Jácena exterior

Perfil: IPE 300, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 1.00 m.) Material: Acero (S275)								
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas <sup>(1)</sup>					
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(3)</sup> (cm <sup>4</sup> )	y <sub>g</sub> <sup>(4)</sup> (mm)	z <sub>g</sub> <sup>(4)</sup> (mm)
N119	N130	1.057	89.63	38457.07	905.77	29.55	0.00	144.65
Notas: <sup>(1)</sup> Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N119) <sup>(2)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(3)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme <sup>(4)</sup> Coordenadas del centro de gravedad								
		Pandeo			Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
β		0.00	19.67	0.00	0.00			
L <sub>k</sub>		0.000	20.800	0.000	0.000			
C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000			
C <sub>1</sub>		-			1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico								

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>	
N119/N130	x: 0.999 m $\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.187 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	x: 0.999 m $\eta = 5.8$	x: 0.999 m $\eta = 19.9$	x: 1.001 m $\eta = 65.7$	x: 0 m $\eta = 0.1$	x: 1.001 m $\eta = 10.9$	x: 0.999 m $\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	x: 1.001 m $\eta = 77.7$	$\eta < 0.1$	x: 0.999 m $\eta = 1.2$	x: 1.001 m $\eta = 9.5$	x: 0.999 m $\eta < 0.1$	<b>CUMPLE</b> $\eta = 77.7$
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : 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.

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

$$\bar{\lambda}: \quad 1.92 \quad \checkmark$$

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.

$$\mathbf{A}: \quad 53.80 \quad \text{cm}^2$$

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f}_y: \quad 275.00 \quad \text{MPa}$$

**N<sub>cr</sub>**: Axil crítico de pandeo elástico.

**N<sub>cr</sub>** : 400.30 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

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

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

**N<sub>cr,y</sub>** : 400.30 kN

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

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

**N<sub>cr,z</sub>** : ∞

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

**N<sub>cr,T</sub>** : ∞

Donde:

**I<sub>y</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

**I<sub>y</sub>** : 8356.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>z</sub>**: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

**I<sub>z</sub>** : 604.00 cm<sup>4</sup>

**I<sub>t</sub>**: Momento de inercia a torsión uniforme.

**I<sub>t</sub>** : 20.10 cm<sup>4</sup>

**I<sub>w</sub>**: Constante de alabeo de la sección.

**I<sub>w</sub>** : 126000.00 cm<sup>6</sup>

**E**: Módulo de elasticidad.

**E** : 210000 MPa

**G**: Módulo de elasticidad transversal.

**G** : 81000 MPa

**L<sub>ky</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

**L<sub>ky</sub>** : 20.800 m

**L<sub>kz</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

**L<sub>kz</sub>** : 0.000 m

**L<sub>kt</sub>**: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

**L<sub>kt</sub>** : 0.000 m

**i<sub>0</sub>**: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

**i<sub>0</sub>** : 12.91 cm

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

Siendo:

**i<sub>y</sub>**, **i<sub>z</sub>**: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

**i<sub>y</sub>** : 12.46 cm

**i<sub>z</sub>** : 3.35 cm

**y<sub>0</sub>**, **z<sub>0</sub>**: 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<sub>0</sub>** : 0.00 mm

**z<sub>0</sub>** : 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:

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

$$72.63 \leq 346.01 \quad \checkmark$$

Donde:

**h<sub>w</sub>**: Altura del alma.

$$h_w : \underline{515.69} \text{ mm}$$

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.10} \text{ mm}$$

**A<sub>w</sub>**: Área del alma.

$$A_w : \underline{36.61} \text{ cm}^2$$

**A<sub>fc,ef</sub>**: Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \underline{16.05} \text{ cm}^2$$

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

$$k : \underline{0.30}$$

**E**: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

**f<sub>yf</sub>**: Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.058} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.999 m del nudo N119, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{82.36} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

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

$$N_{t,Rd} : \underline{1409.05} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.048} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.199} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.999 m del nudo N119, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{c,Ed}} : \underline{67.33} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

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

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{1409.05} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$\mathbf{A} : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>**: 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<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

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

$$\mathbf{N_{b,Rd}} : \underline{337.76} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{53.80} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

**χ**: Coeficiente de reducción por pandeo.

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

$$\mathbf{\chi_y} : \underline{0.24}$$

Siendo:

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

$$\mathbf{\phi_y} : \underline{2.53}$$

$\alpha$ : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y$  : 0.21

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

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

$\bar{\lambda}_y$  : 1.92

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

$N_{cr}$  : 400.30 kN

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

$N_{cr,y}$  : 400.30 kN

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.657 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.001 m del nudo N119, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$M_{Ed}^+$  : 108.04 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.001 m del nudo N119, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

$M_{Ed}^-$  : 90.86 kN·m

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

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

$M_{c,Rd}$  : 164.48 kN·m

Donde:

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

**Clase** : 1

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

$W_{pl,y}$  : 628.00 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : 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:

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

$\eta$  : 0.001 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N119, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>** : 0.04 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N119, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>** : 0.04 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

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

**M<sub>c,Rd</sub>** : 47.44 kN·m

Donde:

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

**Clase** : 1

**W<sub>pl,z</sub>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**W<sub>pl,z</sub>** : 181.15 cm<sup>3</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub>** : 1.05

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.109 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.001 m del nudo N119, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$V_{Ed}$  : 42.17 kN

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

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

$V_{c,Rd}$  : 388.15 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 25.67 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h \cdot t_w$$

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.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : 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:

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

**35.01 < 64.71** ✓

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.

$\lambda_w$  : 35.01

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

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

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

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$\varepsilon$  : 0.92

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

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$  : 235.00 MPa

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

$f_y$  : 275.00 MPa

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta < 0.001$  ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.999 m del nudo N119, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub>** : 0.03 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{514.41} \text{ kN}$$

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante. **A<sub>v</sub>** : 34.02 cm<sup>2</sup>

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

**A**: Área de la sección bruta. **A** : 53.80 cm<sup>2</sup>

**d**: Altura del alma. **d** : 278.60 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma. **t<sub>w</sub>** : 7.10 mm

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M0</sub>** : 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<sub>Ed</sub>** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **V<sub>c,Rd</sub>**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 43.23 \text{ kN} \leq 314.74 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub>** : 43.23 kN

**V<sub>c,Rd</sub>**: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **V<sub>c,Rd</sub>** : 629.47 kN

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

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

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

$$0.03 \text{ kN} \leq 378.55 \text{ kN} \quad \checkmark$$

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

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

$$V_{Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{757.10} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.555} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.777} \quad \checkmark$$

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

$$\eta : \underline{0.398} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.001 m del nudo N119, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{64.08} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed} : \underline{83.80} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**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 compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{1409.05} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{164.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{32.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

<b>A:</b> Área de la sección bruta.	<b>A :</b> <u>53.80</u> cm <sup>2</sup>
<b>W<sub>pl,y</sub>, W<sub>pl,z</sub>:</b> Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>W<sub>pl,y</sub> :</b> <u>628.00</u> cm <sup>3</sup>
	<b>W<sub>pl,z</sub> :</b> <u>125.00</u> cm <sup>3</sup>
<b>f<sub>yd</sub>:</b> Resistencia de cálculo del acero.	<b>f<sub>yd</sub> :</b> <u>261.90</u> MPa
$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$	
Siendo:	
<b>f<sub>y</sub>:</b> Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub> :</b> <u>275.00</u> MPa
<b>γ<sub>M1</sub>:</b> Coeficiente parcial de seguridad del material.	<b>γ<sub>M1</sub> :</b> <u>1.05</u>

**k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub>:** Coeficientes de interacción.

$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$	<b>k<sub>y</sub> :</b> <u>1.15</u>
$k_z = 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$	<b>k<sub>z</sub> :</b> <u>1.00</u>

<b>C<sub>m,y</sub>, C<sub>m,z</sub>:</b> Factores de momento flector uniforme equivalente.	<b>C<sub>m,y</sub> :</b> <u>1.00</u>
	<b>C<sub>m,z</sub> :</b> <u>1.00</u>

<b>χ<sub>y</sub>, χ<sub>z</sub>:</b> Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>χ<sub>y</sub> :</b> <u>0.24</u>
	<b>χ<sub>z</sub> :</b> <u>1.00</u>

<b>λ̄<sub>y</sub>, λ̄<sub>z</sub>:</b> Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	<b>λ̄<sub>y</sub> :</b> <u>1.92</u>
	<b>λ̄<sub>z</sub> :</b> <u>0.00</u>

<b>α<sub>y</sub>, α<sub>z</sub>:</b> Factores dependientes de la clase de la sección.	<b>α<sub>y</sub> :</b> <u>0.60</u>
	<b>α<sub>z</sub> :</b> <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<sub>Ed</sub>** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$	<b>43.23 kN ≤ 313.71 kN</b> ✓
--------------------------------------	-------------------------------

Donde:

<b>V<sub>Ed,z</sub>:</b> Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	<b>V<sub>Ed,z</sub> :</b> <u>43.23</u> kN
<b>V<sub>c,Rd,z</sub>:</b> Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	<b>V<sub>c,Rd,z</sub> :</b> <u>627.41</u> kN

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.012} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.999 m del nudo N119, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

**M<sub>T,Ed</sub>**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{T,Ed}} : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo **M<sub>T,Rd</sub>** viene dado por:

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

$$\mathbf{M_{T,Rd}} : \underline{2.84} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**W<sub>T</sub>**: Módulo de resistencia a torsión.

$$\mathbf{W_T} : \underline{18.79} \text{ cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.095} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.001 m del nudo N119, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{V_{Ed}} : \underline{36.76} \text{ kN}$$

**M<sub>T,Ed</sub>**: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{T,Ed}} : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **V<sub>pl,T,Rd</sub>** viene dado por:

$$\mathbf{V_{pl,T,Rd}} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$$\mathbf{V_{pl,T,Rd}} : \underline{386.28} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{pl,Rd} : 388.15$  kN  
 $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.  $\tau_{T,Ed} : 1.82$  MPa

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

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  $W_T : 18.79$  cm<sup>3</sup>  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 261.90$  MPa

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

Siendo:

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

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

$$\eta < 0.001 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.999 m del nudo N119, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

$M_{T,Ed}$ : Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.  $M_{T,Ed} : 0.03$  kN·m

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

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd} / \sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd} \quad V_{pl,T,Rd} : 511.92 \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$ : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.  $V_{pl,Rd} : 514.41$  kN  
 $\tau_{T,Ed}$ : Tensiones tangenciales por torsión.  $\tau_{T,Ed} : 1.83$  MPa

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

Siendo:

$W_T$ : Módulo de resistencia a torsión.  $W_T : 18.79$  cm<sup>3</sup>  
 $f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.  $f_{yd} : 261.90$  MPa

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

Siendo:

$f_y$ : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)  $f_y : 275.00$  MPa  
 $\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{MO} : 1.05$

## 2.2.5.3. Cruces de San Andrés

### 2.2.5.3.1. CSA lateral

Perfil: L 80 x 80 x 5 Material: Acero (S275)										
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>yz</sub> <sup>(4)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	y <sub>g</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	z <sub>g</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	α <sup>(5)</sup> (grados)
N180	N4	8.106	7.86	47.14	47.14	27.69	0.65	18.80	-18.80	-45.0
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme <sup>(3)</sup> Coordenadas del centro de gravedad <sup>(4)</sup> Producto de inercia <sup>(5)</sup> 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 <sub>k</sub>		0.000		0.000		0.000		0.000		
C <sub>m</sub>		1.000		1.000		1.000		1.000		
C <sub>1</sub>		-			1.000					
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico										

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>v</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>v</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>v</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>	
N180/N4	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 8.106 m η = 7.0	x: 0 m η = 8.6	x: 4.053 m η = 27.5	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m η = 0.4	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.507 m η < 0.1	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 4.053 m η = 36.0	x: 0.507 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 36.0
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>v</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>v</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>v</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : 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.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(5)</sup> 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 comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

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

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

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<sub>ef</sub>:** Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

**A<sub>ef</sub> :** 6.73 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas.

**N<sub>cr</sub> :** ∞

### 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 :** 0.070 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)2.

**N<sub>t,Ed</sub>:** Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

**N<sub>t,Ed</sub> :** 14.49 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

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

**N<sub>t,Rd</sub> :** 205.86 kN

Donde:

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

**A :** 7.86 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub> :** 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub> :** 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 :** 0.086 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N180, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)1.

**N<sub>c,Ed</sub>:** Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

**N<sub>c,Ed</sub> :** 15.23 kN

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

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd} \qquad N_{c,Rd} : \underline{176.17} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

**A<sub>ef</sub>:** Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{6.73} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.275} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.053 m del nudo N180, para la combinación de acciones 1.35·PP.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.45} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$M_{c,Rd}^+ = W_{el,y}^+ \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd}^+ : \underline{1.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{c,Rd}^- = W_{ef,y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd}^- : \underline{1.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase<sup>+</sup>:** 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<sub>el,y</sub><sup>+</sup>:** Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

$$W_{el,y}^+ : \underline{6.26} \text{ cm}^3$$

**W<sub>ef,y</sub><sup>-</sup>:** Módulo resistente elástico de la sección eficaz correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 4.

$$W_{ef,y}^- : \underline{6.26} \text{ cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>MO</sub>** : 1.05

### 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** : 0.004 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N180, para la combinación de acciones 1.35·PP.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub>** : 0.22 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

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

**V<sub>c,Rd</sub>** : 60.48 kN

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante. **A<sub>v</sub>** : 4.00 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h_{vert} \cdot t$$

Siendo:

**h<sub>vert.</sub>**: Longitud del ala vertical. **h<sub>vert.</sub>** : 80.00 mm

**t**: Espesor de la chapa. **t** : 5.00 mm

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>MO</sub>** : 1.05

**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  $V_{c,Rd}$ .

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

$$0.19 \text{ kN} \leq 30.24 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.507 m del nudo N180, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.19} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{60.48} \text{ kN}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{u,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{c,Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{0,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{c,Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{0,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.360} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 4.053 m del nudo N180, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)1.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{14.99} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed} : \underline{0.45} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**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.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

$N_{u,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección eficaz.

$$N_{u,Rd} : \underline{176.17} \text{ kN}$$

$M_{0,Rd,y}$ ,  $M_{0,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección eficaz en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{0,Rd,y} : \underline{1.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{0,Rd,z} : \underline{1.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$e_{Ny}$ ,  $e_{Nz}$ : Desplazamiento del centro de gravedad de la sección eficaz respecto al de la sección bruta, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$e_{Ny} : \underline{-0.29 \text{ cm}}$$

$$e_{Nz} : \underline{0.29 \text{ cm}}$$

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

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

**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 0.507 m del nudo N180, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$$0.19 \text{ kN} \leq 30.24 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{0.19 \text{ kN}}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{60.48 \text{ kN}}$$

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

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

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

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

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

### 2.2.5.3.2. CSA fachada

Perfil: L 80 x 80 x 5 Material: Acero (S275)										
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas							
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>yz</sub> <sup>(4)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	y <sub>g</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	z <sub>g</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	α <sup>(5)</sup> (grados)
N174	N177	7.809	7.86	47.14	47.14	27.69	0.65	18.80	-18.80	-45.0
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme <sup>(3)</sup> Coordenadas del centro de gravedad <sup>(4)</sup> Producto de inercia <sup>(5)</sup> 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 <sub>k</sub>	0.000		0.000	0.000	0.000					
C <sub>m</sub>	1.000		1.000	1.000	1.000					
C <sub>1</sub>			-	1.000						
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>k</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico										

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>v</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>	
N174/N177	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 7.809 m η = 5.6	x: 0 m η = 12.1	x: 3.905 m η = 20.0	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m η = 0.3	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.488 m η < 0.1	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.905 m η = 31.9	x: 0.488 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 31.9
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>v</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : 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.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(5)</sup> 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 comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

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

$$\bar{\lambda} < 0.01 \quad \checkmark$$

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<sub>ef</sub>:** Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

**A<sub>ef</sub> :** 6.73 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas.

**N<sub>cr</sub> :** ∞

### 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 :** 0.056 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N147, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

**N<sub>t,Ed</sub>:** Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

**N<sub>t,Ed</sub> :** 11.45 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

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

**N<sub>t,Rd</sub> :** 205.86 kN

Donde:

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

**A :** 7.86 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub> :** 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**γ<sub>MO</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>MO</sub> :** 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 :** 0.121 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N174, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

**N<sub>c,Ed</sub>:** Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

**N<sub>c,Ed</sub> :** 21.30 kN

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

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd} \qquad N_{c,Rd} : \underline{176.17} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

**A<sub>ef</sub>:** Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{6.73} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.200} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.905 m del nudo N174, para la combinación de acciones 1.35·PP.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>:** Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

$$M_{c,Rd}^+ = W_{el,y}^+ \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd}^+ : \underline{1.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{c,Rd}^- = W_{ef,y}^- \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd}^- : \underline{1.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

**Clase<sup>+</sup>:** 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<sub>el,y</sub><sup>+</sup>:** Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

$$W_{el,y}^+ : \underline{6.26} \text{ cm}^3$$

**W<sub>ef,y</sub><sup>-</sup>:** Módulo resistente elástico de la sección eficaz correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 4.

$$W_{ef,y}^- : \underline{6.26} \text{ cm}^3$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M0</sub>** : 1.05

### 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** : 0.003 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N174, para la combinación de acciones 1.35·PP.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub>** : 0.17 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

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

**V<sub>c,Rd</sub>** : 60.48 kN

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante. **A<sub>v</sub>** : 4.00 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h_{vert} \cdot t$$

Siendo:

**h<sub>vert.</sub>**: Longitud del ala vertical. **h<sub>vert.</sub>** : 80.00 mm

**t**: Espesor de la chapa. **t** : 5.00 mm

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M0</sub>** : 1.05

**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  $V_{c,Rd}$ .

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

$$0.15 \text{ kN} \leq 30.24 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.488 m del nudo N174, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.15} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{60.48} \text{ kN}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{u,Rd}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{c,Ed} \cdot e_{Ny}}{M_{0,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{c,Ed} \cdot e_{Nz}}{M_{0,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.319} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.905 m del nudo N174, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{21.03} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{0.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**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.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

$N_{u,Rd}$ : Resistencia a compresión de la sección eficaz.

$$N_{u,Rd} : \underline{176.17} \text{ kN}$$

$M_{0,Rd,y}$ ,  $M_{0,Rd,z}$ : Resistencia a flexión de la sección eficaz en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{0,Rd,y} : \underline{1.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{0,Rd,z} : \underline{1.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**e<sub>Ny</sub>, e<sub>Nz</sub>:** Desplazamiento del centro de gravedad de la sección eficaz respecto al de la sección bruta, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$e_{Ny} : \underline{-0.29} \text{ cm}$$

$$e_{Nz} : \underline{0.29} \text{ cm}$$

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

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

### **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 0.488 m del nudo N174, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$$0.15 \text{ kN} \leq 30.24 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

**V<sub>Ed,z</sub>:** Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{0.15} \text{ kN}$$

**V<sub>c,Rd,z</sub>:** Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{60.48} \text{ kN}$$

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

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

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

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

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

## 2.2.5.4. Vigas contraviento

### 2.2.5.4.1. VCV Diagonales

Barra N140/N124

Perfil: L 75 x 75 x 6 Material: Acero (S275)											
Nudos		Longitud d (m)	Características mecánicas								
Inicia I	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>yz</sub> <sup>(4)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	y <sub>g</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	z <sub>g</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	α <sup>(5)</sup> (grados)	
N140	N124	6.926	8.73	45.83	45.83	27.01	1.04	17.00	-17.00	-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 <sub>K</sub>		0.000		0.000		0.000		0.000			
C <sub>m</sub>		1.000		1.000		1.000		1.000			
C <sub>1</sub>		-		-		1.000		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico											

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>Y</sub>	M <sub>Z</sub>	V <sub>Z</sub>	V <sub>Y</sub>	M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub>	NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>Y</sub>		
N140/N124	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 6.926 m η = 4.8	x: 0 m η = 5.8	x: 3.463 m η = 13.2	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m η = 0.5	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.433 m η < 0.1	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 3.463 m η = 37.6	x: 0.433 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 37.6	
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>Y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>Z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>Y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>Y</sub> M <sub>Z</sub> V <sub>Y</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>Z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>Y</sub> : 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 momento flector. (2) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (3) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (4) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. (5) 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 comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

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

$$\bar{\lambda} < 0.01 \quad \checkmark$$

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<sub>ef</sub>:** Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A<sub>ef</sub> :** 8.73 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**N<sub>cr</sub>:** Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas. **N<sub>cr</sub> :** ∞

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.048} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N124, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

**N<sub>t,Ed</sub>:** Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **N<sub>t,Ed</sub> :** 10.88 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd} \qquad N_{t,Rd} : \underline{228.64} \text{ kN}$$

Donde:

**A:** Área bruta de la sección transversal de la barra. **A :** 8.73 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>:** Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub> :** 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub> :** 275.00 MPa

**γ<sub>MO</sub>:** Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>MO</sub> :** 1.05

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \underline{0.058} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N140, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

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

$N_{c,Ed}$ : 13.29 kN

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

$$N_{c,Rd} = A_{ef} \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$ : 228.64 kN

Donde:

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

**Clase**: 4

**A<sub>ef</sub>**: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

**A<sub>ef</sub>**: 8.73 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>**: 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>**: 275.00 MPa

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>MO</sub>**: 1.05

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$ : 0.132 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.463 m del nudo N140, para la combinación de acciones 1.35·PP.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: 0.54 kN·m

Para flexión negativa:

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

**M<sub>Ed</sub><sup>-</sup>**: 0.00 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **M<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

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

**M<sub>c,Rd</sub><sup>+</sup>**: 4.09 kN·m

$$M_{c,Rd}^- = W_{el,y}^- \cdot f_{yd}$$

**M<sub>c,Rd</sub><sup>-</sup>**: 1.70 kN·m

Donde:

**Clase<sup>+</sup>**: 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<sup>+</sup>**: 2

**Clase<sup>-</sup>**: 3

**W<sub>pl,y</sub><sup>+</sup>**: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

**W<sub>pl,y</sub><sup>+</sup>**: 15.63 cm<sup>3</sup>

$W_{el,y^-}$ : Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.  $W_{el,y^-}$ : 6.51 cm<sup>3</sup>

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

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

Siendo:

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

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{MO}$ : 1.05

### 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:

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

$\eta$ : 0.005 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N140, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed}$ : 0.31 kN

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

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

$V_{c,Rd}$ : 68.04 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.  $A_v$ : 4.50 cm<sup>2</sup>

$$A_v = h_{vert} \cdot t$$

Siendo:

$h_{vert}$ : Longitud del ala vertical.  $h_{vert}$ : 75.00 mm

$t$ : Espesor de la chapa.  $t$ : 6.00 mm

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

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

Siendo:

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

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.  $\gamma_{MO}$ : 1.05

**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  $V_{c,Rd}$ .

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

$$0.27 \text{ kN} \leq 34.02 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.433 m del nudo N140, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.27} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{68.04} \text{ kN}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.376} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.463 m del nudo N140, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{13.26} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{0.54} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

**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.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

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

$$N_{pl,Rd} : \underline{228.64} \text{ kN}$$

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

$$M_{el,Rd,y} : \underline{1.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{el,Rd,z} : \underline{1.70} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

**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 0.433 m del nudo N140, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

**0.27 kN ≤ 34.02 kN** ✓

Donde:

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

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

$V_{Ed,z}$  :  $\frac{0.27}{1}$  kN

$V_{c,Rd,z}$  :  $\frac{68.04}{1}$  kN

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

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

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

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

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

### 2.2.5.4.2. VCV Montantes

Barra N2/N25

Perfil: #90x3 Material: Acero (S275)							
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
N2	N25	5.500	10.10	124.87	124.87	202.35	
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme							
		Pandeo		Pandeo lateral			
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
$\beta$		1.00	1.00	0.00	0.00		
L <sub>K</sub>		5.500	5.500	0.000	0.000		
C <sub>m</sub>		1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>		-		1.000			
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado	
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_{w}$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>t</sub> V <sub>z</sub>		M <sub>t</sub> V <sub>y</sub>
N2/N25	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.344 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	$\eta = 1.7$	$\eta = 5.4$	x: 2.75 m $\eta = 4.4$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m $\eta = 0.4$	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.344 m $\eta < 0.1$	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 2.75 m $\eta = 9.7$	x: 0.344 m $\eta < 0.1$	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 9.7$
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>t</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>t</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra $\eta$ : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(5)</sup> 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 comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

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

$$\bar{\lambda} : \underline{1.80} \quad \checkmark$$

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

<b>A:</b> Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	<b>A :</b> <u>10.10</u> cm <sup>2</sup>
<b>f<sub>y</sub>:</b> Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<b>f<sub>y</sub> :</b> <u>275.00</u> MPa
<b>N<sub>cr</sub>:</b> Axil crítico de pandeo elástico.	<b>N<sub>cr</sub> :</b> <u>85.56</u> kN

El axil crítico de pandeo elástico **N<sub>cr</sub>** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

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

$$\mathbf{N_{cr,y} : } \underline{85.56} \text{ kN}$$

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

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

$$\mathbf{N_{cr,z} : } \underline{85.56} \text{ kN}$$

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

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

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

Donde:

**I<sub>y</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$\mathbf{I_y : } \underline{124.87} \text{ cm}^4$$

**I<sub>z</sub>:** Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$\mathbf{I_z : } \underline{124.87} \text{ cm}^4$$

**I<sub>t</sub>:** Momento de inercia a torsión uniforme.

$$\mathbf{I_t : } \underline{202.35} \text{ cm}^4$$

**I<sub>w</sub>:** Constante de alabeo de la sección.

$$\mathbf{I_w : } \underline{0.00} \text{ cm}^6$$

**E:** Módulo de elasticidad.

$$\mathbf{E : } \underline{210000} \text{ MPa}$$

**G:** Módulo de elasticidad transversal.

$$\mathbf{G : } \underline{81000} \text{ MPa}$$

**L<sub>ky</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$\mathbf{L_{ky} : } \underline{5.500} \text{ m}$$

**L<sub>kz</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$\mathbf{L_{kz} : } \underline{5.500} \text{ m}$$

**L<sub>kt</sub>:** Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$\mathbf{L_{kt} : } \underline{0.000} \text{ m}$$

**i<sub>0</sub>:** Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$\mathbf{i_0 : } \underline{4.97} \text{ cm}$$

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

Siendo:

**i<sub>y</sub> , i<sub>z</sub>:** Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

$$\mathbf{i_y : } \underline{3.52} \text{ cm}$$

$$\mathbf{i_z : } \underline{3.52} \text{ cm}$$

**y<sub>0</sub> , z<sub>0</sub>:** Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$$\mathbf{y_0 : } \underline{0.00} \text{ mm}$$

$$\mathbf{z_0 : } \underline{0.00} \text{ mm}$$

**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:

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

**28.00 ≤ 313.00 ✓**

Donde:

**h<sub>w</sub>**: Altura del alma.

**h<sub>w</sub>** : 84.00 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**t<sub>w</sub>** : 3.00 mm

**A<sub>w</sub>**: Área del alma.

**A<sub>w</sub>** : 5.04 cm<sup>2</sup>

**A<sub>fc,ef</sub>**: Área reducida del ala comprimida.

**A<sub>fc,ef</sub>** : 2.70 cm<sup>2</sup>

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

**k** : 0.30

**E**: Módulo de elasticidad.

**E** : 210000 MPa

**f<sub>yf</sub>**: Límite elástico del acero del ala comprimida.

**f<sub>yf</sub>** : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

**η** : 0.017 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H1+0.75·N(R)1.

**N<sub>t,Ed</sub>**: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

**N<sub>t,Ed</sub>** : 4.58 kN

La resistencia de cálculo a tracción **N<sub>t,Rd</sub>** viene dada por:

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

**N<sub>t,Rd</sub>** : 264.45 kN

Donde:

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

**A** : 10.10 cm<sup>2</sup>

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>M0</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>M0</sub>** : 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** : 0.013 ✓

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

$$\eta : \underline{0.054} \quad \checkmark$$

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

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{c,Ed}} : \underline{3.35} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

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

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{264.45} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$\mathbf{A} : \underline{10.10} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M0</sub>**: 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<sub>b,Rd</sub>** en una barra comprimida viene dada por:

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

$$\mathbf{N_{b,Rd}} : \underline{61.93} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\mathbf{A} : \underline{10.10} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

**χ**: Coeficiente de reducción por pandeo.

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

$$\mathbf{\chi_y} : \underline{0.23}$$

$$\mathbf{\chi_z} : \underline{0.23}$$

Siendo:

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

$$\mathbf{\phi_y} : \underline{2.52}$$

$$\mathbf{\phi_z} : \underline{2.52}$$

**α**: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\mathbf{\alpha_y} : \underline{0.49}$$

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

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

$N_{cr}$ : 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.

$\alpha_z$  : 0.49

$\bar{\lambda}_y$  : 1.80

$\bar{\lambda}_z$  : 1.80

$N_{cr}$  : 85.56 kN

$N_{cr,y}$  : 85.56 kN

$N_{cr,z}$  : 85.56 kN

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

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.044 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.750 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$M_{Ed}^+$  : 0.40 kN·m

Para flexión negativa:

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

$M_{Ed}^-$  : 0.00 kN·m

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

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

$M_{c,Rd}$  : 8.92 kN·m

Donde:

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

**Clase** : 1

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

$W_{pl,y}$  : 34.07 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**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:

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

$\eta$  : 0.004 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

**V<sub>Ed</sub>** : 0.29 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>c,Rd</sub>** viene dado por:

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

**V<sub>c,Rd</sub>** : 76.21 kN

Donde:

**A<sub>v</sub>**: Área transversal a cortante.

**A<sub>v</sub>** : 5.04 cm<sup>2</sup>

$$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

**d**: Altura del alma.

**d** : 84.00 mm

**t<sub>w</sub>**: Espesor del alma.

**t<sub>w</sub>** : 3.00 mm

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

**f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

**f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

**γ<sub>MO</sub>** : 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:

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

**28.00 < 64.71** ✓

Donde:

**λ<sub>w</sub>**: Esbeltez del alma.

**λ<sub>w</sub>** : 28.00

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

**λ<sub>máx</sub>**: Esbeltez máxima.

**λ<sub>máx</sub>** : 64.71

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

$\varepsilon$ : Factor de reducción.

$\varepsilon$ : 0.92

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

Siendo:

$f_{ref}$ : Límite elástico de referencia.

$f_{ref}$ : 235.00 MPa

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

$f_y$ : 275.00 MPa

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

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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

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

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

**0.25 kN ≤ 38.11 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.344 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$V_{Ed}$ : 0.25 kN

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

$V_{c,Rd}$ : 76.21 kN

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$ : 0.056 ✓

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

$\eta$ : 0.097 ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{C_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{C_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.079} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.750 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2.

Donde:

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **N<sub>c,Ed</sub>** : 3.15 kN  
**M<sub>y,Ed</sub>, M<sub>z,Ed</sub>**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **M<sub>y,Ed</sub><sup>+</sup>** : 0.40 kN·m  
**M<sub>z,Ed</sub><sup>+</sup>** : 0.00 kN·m  
**Clase**: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : 1

**N<sub>pl,Rd</sub>**: Resistencia a compresión de la sección bruta. **N<sub>pl,Rd</sub>** : 264.45 kN  
**M<sub>pl,Rd,y</sub>, M<sub>pl,Rd,z</sub>**: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. **M<sub>pl,Rd,y</sub>** : 8.92 kN·m  
**M<sub>pl,Rd,z</sub>** : 8.92 kN·m

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

**A**: Área de la sección bruta. **A** : 10.10 cm<sup>2</sup>  
**W<sub>pl,y</sub>, W<sub>pl,z</sub>**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **W<sub>pl,y</sub>** : 34.07 cm<sup>3</sup>  
**W<sub>pl,z</sub>** : 34.07 cm<sup>3</sup>  
**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero. **f<sub>yd</sub>** : 261.90 MPa

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>** : 275.00 MPa  
**γ<sub>M1</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>M1</sub>** : 1.05

**k<sub>y</sub>, k<sub>z</sub>**: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + (\bar{\lambda}_y - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}} \quad k_y : \underline{1.04}$$

$$k_z = 1 + (\bar{\lambda}_z - 0.2) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}} \quad k_z : \underline{1.04}$$

**C<sub>m,y</sub>, C<sub>m,z</sub>**: Factores de momento flector uniforme equivalente. **C<sub>m,y</sub>** : 1.00  
**C<sub>m,z</sub>** : 1.00

**χ<sub>y</sub>, χ<sub>z</sub>**: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **χ<sub>y</sub>** : 0.23  
**χ<sub>z</sub>** : 0.23

**λ̄<sub>y</sub>, λ̄<sub>z</sub>**: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. **λ̄<sub>y</sub>** : 1.80  
**λ̄<sub>z</sub>** : 1.80

**α<sub>y</sub>, α<sub>z</sub>**: Factores dependientes de la clase de la sección. **α<sub>y</sub>** : 0.60  
**α<sub>z</sub>** : 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 un punto situado a una distancia de 0.344 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$$0.25 \text{ kN} \leq 38.11 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \frac{0.25}{\quad} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \frac{76.21}{\quad} \text{ kN}$$

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

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

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

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

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

### 2.2.5.5. Vigas perimetrales

Perfil: #50x2 Material: Acero (S275)						
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas				
		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	
Inicial	Final					
N94	N117	5.500	3.70	13.89	13.89	22.70
Notas: <sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado <sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme						
Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.		
β	0.00	0.00	0.00	0.00		
L <sub>K</sub>	0.000	0.000	0.000	0.000		
C <sub>m</sub>	1.000	1.000	1.000	1.000		
C <sub>1</sub>	-		1.000			
Notación: β: Coeficiente de pandeo L <sub>K</sub> : Longitud de pandeo (m) C <sub>m</sub> : Coeficiente de momentos C <sub>1</sub> : Factor de modificación para el momento crítico						

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	$\lambda_w$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	V <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>z</sub> V <sub>y</sub>	
N94/N117	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.344 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,max}$ Cumple	η = 7.4	η = 3.2	x: 2.75 m η = 8.0	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(1)</sup>	x: 0 m η = 0.4	V <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(2)</sup>	x: 0.344 m η < 0.1	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 2.75 m η = 15.4	x: 0.344 m η < 0.1	M <sub>Ed</sub> = 0.00 N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	<b>CUMPLE</b> η = 15.4
Notación: $\bar{\lambda}$ : Limitación de esbeltez $\lambda_w$ : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N <sub>t</sub> : Resistencia a tracción N <sub>c</sub> : Resistencia a compresión M <sub>y</sub> : Resistencia a flexión eje Y M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión eje Z V <sub>z</sub> : Resistencia a corte Z V <sub>y</sub> : Resistencia a corte Y M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> : Resistencia a flexión y axil combinados NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M <sub>t</sub> : Resistencia a torsión M <sub>y</sub> V <sub>z</sub> : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> : 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.): <sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. <sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. <sup>(3)</sup> No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. <sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. <sup>(5)</sup> 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 comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

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

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

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:** 3.70 cm<sup>2</sup>

**f<sub>y</sub>:** Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>y</sub>:** 275.00 MPa

$N_{cr}$ : Axil crítico elástico de pandeo mínimo, teniendo en cuenta que las longitudes de pandeo son nulas.

$$N_{cr} : \infty$$

**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:

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

$$23.00 \leq 310.75 \checkmark$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$$h_w : 46.00 \text{ mm}$$

$t_w$ : Espesor del alma.

$$t_w : 2.00 \text{ mm}$$

$A_w$ : Área del alma.

$$A_w : 1.84 \text{ cm}^2$$

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

$$A_{fc,ef} : 1.00 \text{ cm}^2$$

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

$$k : 0.30$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : 210000 \text{ MPa}$$

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

$$f_{yf} : 275.00 \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : 0.074 \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones  $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1$ .

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

$$N_{t,Ed} : 7.16 \text{ kN}$$

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

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

$$N_{t,Rd} : 96.89 \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : 3.70 \text{ cm}^2$$

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

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

Siendo:

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

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$\gamma_{MO}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : 1.05$$

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.032} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)2.

**N<sub>c,Ed</sub>**: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{N_{c,Ed}} : \underline{3.08} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión **N<sub>c,Rd</sub>** viene dada por:

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

$$\mathbf{N_{c,Rd}} : \underline{96.89} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$\mathbf{A} : \underline{3.70} \text{ cm}^2$$

**f<sub>yd</sub>**: Resistencia de cálculo del acero.

$$\mathbf{f_{yd}} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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

Siendo:

**f<sub>y</sub>**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$\mathbf{f_y} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.080} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.750 m del nudo N94, para la combinación de acciones 1.35·PP.

**M<sub>Ed</sub><sup>+</sup>**: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$\mathbf{M_{Ed}^+} : \underline{0.15} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

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

$M_{Ed}^-$  : 0.00 kN·m

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

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

$M_{c,Rd}$  : 1.81 kN·m

Donde:

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

**Clase** : 1

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

$W_{pl,y}$  : 6.92 cm<sup>3</sup>

$f_{yd}$ : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd}$  : 261.90 MPa

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

Siendo:

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

$f_y$  : 275.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

### 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:

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

$\eta$  : 0.004 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N94, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

$V_{Ed}$  : 0.11 kN

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

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

$V_{c,Rd}$  : 27.82 kN

Donde:

$A_v$ : Área transversal a cortante.

$A_v$  : 1.84 cm<sup>2</sup>

$$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

$d$ : Altura del alma.

$d$  : 46.00 mm

$t_w$ : Espesor del alma.

$t_w$  : 2.00 mm

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

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

Siendo:

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

$\gamma_{M0}$ : 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:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 23.00 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

$\lambda_w$ : Esbeltez del alma.  $\lambda_w : 23.00$

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

$\lambda_{m\acute{a}x}$ : Esbeltez máxima.  $\lambda_{m\acute{a}x} : 64.71$

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 70 \cdot \varepsilon$$

$\varepsilon$ : Factor de reducción.  $\varepsilon : 0.92$

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

Siendo:

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

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

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

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 0.09 \text{ kN} \leq 13.91 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.344 m del nudo N94, para la combinación de acciones 1.35-PP.

$V_{Ed}$ : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.  $V_{Ed} : 0.09$  kN

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

$V_{c,Rd}$  : 27.82 kN

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.154 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.750 m del nudo N94, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

Donde:

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

$N_{t,Ed}$  : 7.13 kN

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

$M_{y,Ed}^+$  : 0.15 kN·m

$M_{z,Ed}^+$  : 0.00 kN·m

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

**Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$ : Resistencia a tracción.

$N_{pl,Rd}$  : 96.89 kN

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

$M_{pl,Rd,y}$  : 1.81 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$  : 1.81 kN·m

**Resistencia a pandeo:** (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

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

**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 0.344 m del nudo N94, para la combinación de acciones 1.35·PP.

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

**0.09 kN ≤ 13.91 kN** ✓

---

---

Donde:

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

$V_{Ed,z}$  :  $\frac{0.09}{\quad}$  kN

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

$V_{c,Rd,z}$  :  $\frac{27.82}{\quad}$  kN

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

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

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

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

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

## 2.2.5.6. Correas

### 2.2.5.6.1. Correas de cubierta

Datos de correas de cubierta	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: CF-200x2.0	Límite flecha: $L / 300$
Separación: 1.00 m	Número de vanos: Un vano
Tipo de Acero: S235	Tipo de fijación: Fijación rígida

Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 61.90 %

Barra pésima en cubierta

Perfil: CF-200x2.0 Material: S235									
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	$I_y^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )	$I_z^{(1)}$ (cm <sup>4</sup> )	$I_t^{(2)}$ (cm <sup>4</sup> )	$y_q^{(3)}$ (mm)	$z_q^{(3)}$ (mm)
	0.498, 33.000, 6.048	0.498, 27.500, 6.048	5.500	6.92	405.65	32.67	0.09	-13.42	0.00
	Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad								
	Pandeo			Pandeo lateral					
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.				
$\beta$	0.00	1.00	0.00	0.00					
$L_k$	0.000	5.500	0.000	0.000					
$C_1$	-		1.000						
Notación: $\beta$ : Coeficiente de pandeo $L_k$ : Longitud de pandeo (m) $C_1$ : Factor de modificación para el momento crítico									

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	$b / t$	$\bar{\lambda}$	$N_t$	$N_c$	$M_y$	$M_z$	$M_y M_z$	$V_y$	$V_z$	$N_t M_y M_z$	$N_c M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	$M_t N M_y M_z V_y V_z$	
pésima en cubierta	$b / t \leq (b / t)_{\text{Máx}}$ Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	$x: 2.75 \text{ m}$ $\eta = 61.9$	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	$x: 0 \text{ m}$ $\eta = 11.1$	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	<b>CUMPLE</b> $\eta = 61.9$
Notación: $b / t$ : Relación anchura / espesor $\bar{\lambda}$ : 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 $M_y M_z$ : Resistencia a flexión biaxial $V_y$ : Resistencia a corte Y $V_z$ : Resistencia a corte Z $N_t M_y M_z$ : Resistencia a tracción y flexión $N_c M_y M_z$ : Resistencia a compresión y flexión $N M_y M_z V_y V_z$ : Resistencia a cortante, axil y flexión $M_t N M_y M_z V_y V_z$ : Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante $x$ : Distancia al origen de la barra $\eta$ : 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 flexión biaxial para ninguna combinación. (6) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. (7) No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (8) No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (9) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. (10) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.														

**Relación anchura / espesor** (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

$$h/t \leq 250$$

$$h / t : \underline{95.5} \quad \checkmark$$

$$b/t \leq 90$$

$$b / t : \underline{25.5} \quad \checkmark$$

$$c/t \leq 30$$

$$c / t : \underline{7.8} \quad \checkmark$$

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

$$0.2 \leq c/b \leq 0.6$$

$$c / b : \underline{0.304}$$

Donde:

**h**: Altura del alma.

$$h : \underline{191.00} \text{ mm}$$

**b**: Ancho de las alas.

$$b : \underline{51.00} \text{ mm}$$

**c**: Altura de los rigidizadores.

$$c : \underline{15.50} \text{ mm}$$

**t**: Espesor.

$$t : \underline{2.00} \text{ mm}$$

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

**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.

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

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

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

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

**Resistencia a flexión. Eje Y** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.619} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

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

$M_{y,Ed}^+$ : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.750 m del nudo 0.498, 33.000, 6.048, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(0^\circ)$  H1.

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

$M_{y,Ed}^-$ : 5.45 kN·m

La resistencia de cálculo a flexión  $M_{c,Rd}$  viene dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$M_{c,Rd}$ : 8.81 kN·m

Donde:

$W_{eff}$ : Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión.

$W_{eff}$ : 39.34 cm<sup>3</sup>

$f_{yb}$ : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_{yb}$ : 235.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$ : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral del ala superior:** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a pandeo lateral del ala inferior:** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

**Resistencia a flexión. Eje Z** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión biaxial** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

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

$\eta$ : 0.111 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.498, 33.000, 6.048, para la combinación de acciones 0.80\*G1 + 0.80\*G2 + 1.50\*V(0°) H1.

**V<sub>Ed</sub>**: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V<sub>Ed</sub>** : 4.13 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **V<sub>b,Rd</sub>** viene dado por:

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin \phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{MO}}$$

**V<sub>b,Rd</sub>** : 37.13 kN

Donde:

**h<sub>w</sub>**: Altura del alma. **h<sub>w</sub>** : 195.95 mm  
**t**: Espesor. **t** : 2.00 mm  
**φ**: Ángulo que forma el alma con la horizontal. **φ** : 90.0 grados  
**f<sub>bv</sub>**: Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$$0.83 < \bar{\lambda}_w < 1.40 \rightarrow f_{bv} = 0.48 \cdot f_{yb} / \bar{\lambda}_w$$

**f<sub>bv</sub>** : 99.47 MPa

Siendo:

**λ<sub>w</sub>**: Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$$

**λ<sub>w</sub>** : 1.13

Donde:

**f<sub>yb</sub>**: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f<sub>yb</sub>** : 235.00 MPa  
**E**: Módulo de elasticidad. **E** : 210000.00 MPa  
**γ<sub>MO</sub>**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ<sub>MO</sub>** : 1.05

**Resistencia a tracción y flexión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

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

**Resistencia a compresión y flexión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

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

**Resistencia a cortante, axil y flexión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

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

**Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 89.75 %

Coordenadas del nudo inicial: 9.902, 33.000, 6.952

Coordenadas del nudo final: 9.902, 27.500, 6.952

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis  $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot Q + 1.00 \cdot N(EI) + 1.00 \cdot V(180^\circ)$  H2 a una distancia 2.750 m del origen en el primer vano de la correa.

( $I_y = 406 \text{ cm}^4$ ) ( $I_z = 33 \text{ cm}^4$ )

### 2.2.5.6.2. Correas laterales

Datos de correas laterales	
Descripción de correas	Parámetros de cálculo
Tipo de perfil: CF-200x2.0	Límite flecha: $L / 300$
Separación: 1.20 m	Número de vanos: Un vano
Tipo de Acero: S235	Tipo de fijación: Fijación rígida

Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 78.39 %

Barra pésima en lateral

Perfil: CF-200x2.0 Material: S235																										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Nudos</th> <th rowspan="2">Longitud (m)</th> <th colspan="5">Características mecánicas</th> </tr> <tr> <th>Inicial</th> <th>Final</th> <th>Área (cm<sup>2</sup>)</th> <th>I<sub>y</sub><sup>(1)</sup> (cm<sup>4</sup>)</th> <th>I<sub>z</sub><sup>(1)</sup> (cm<sup>4</sup>)</th> <th>I<sub>t</sub><sup>(2)</sup> (cm<sup>4</sup>)</th> <th>y<sub>g</sub><sup>(3)</sup> (mm)</th> <th>z<sub>g</sub><sup>(3)</sup> (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.000, 5.500, 0.600</td> <td>0.000, 0.000, 0.600</td> <td>5.500</td> <td>6.92</td> <td>405.65</td> <td>32.67</td> <td>0.09</td> <td>-13.42</td> <td>0.00</td> </tr> </tbody> </table>	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					Inicial	Final	Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	y <sub>g</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	z <sub>g</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	0.000, 5.500, 0.600	0.000, 0.000, 0.600	5.500	6.92	405.65	32.67	0.09	-13.42	0.00
	Nudos		Longitud (m)		Características mecánicas																					
	Inicial	Final		Área (cm <sup>2</sup> )	I <sub>y</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>z</sub> <sup>(1)</sup> (cm <sup>4</sup> )	I <sub>t</sub> <sup>(2)</sup> (cm <sup>4</sup> )	y <sub>g</sub> <sup>(3)</sup> (mm)	z <sub>g</sub> <sup>(3)</sup> (mm)																	
	0.000, 5.500, 0.600	0.000, 0.000, 0.600	5.500	6.92	405.65	32.67	0.09	-13.42	0.00																	
	<p>Notas:</p> <p><sup>(1)</sup> Inercia respecto al eje indicado</p> <p><sup>(2)</sup> Momento de inercia a torsión uniforme</p> <p><sup>(3)</sup> Coordenadas del centro de gravedad</p>																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Pandeo</th> <th colspan="2">Pandeo lateral</th> </tr> <tr> <th>Plano XY</th> <th>Plano XZ</th> <th>Ala sup.</th> <th>Ala inf.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>\beta</math></td> <td>0.00</td> <td>1.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>L<sub>k</sub></td> <td>0.000</td> <td>5.500</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>C<sub>1</sub></td> <td colspan="2">-</td> <td colspan="2">1.000</td> </tr> </tbody> </table>		Pandeo		Pandeo lateral		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	$\beta$	0.00	1.00	0.00	0.00	L <sub>k</sub>	0.000	5.500	0.000	0.000	C <sub>1</sub>	-		1.000		
	Pandeo		Pandeo lateral																							
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.																						
$\beta$	0.00	1.00	0.00	0.00																						
L <sub>k</sub>	0.000	5.500	0.000	0.000																						
C <sub>1</sub>	-		1.000																							
<p>Notación:</p> <p><math>\beta</math>: Coeficiente de pandeo</p> <p>L<sub>k</sub>: Longitud de pandeo (m)</p> <p>C<sub>1</sub>: Factor de modificación para el momento crítico</p>																										

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N <sub>t</sub>	N <sub>c</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>	M <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	N <sub>t</sub> M <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	N <sub>c</sub> M <sub>y</sub> M <sub>z</sub>	NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	M <sub>t</sub> NM <sub>y</sub> M <sub>z</sub> V <sub>y</sub> V <sub>z</sub>	
pésima en lateral	$b / t \leq (b / t)_{\text{Max}}$ Cumple	N.P. <sup>(1)</sup>	N.P. <sup>(2)</sup>	N.P. <sup>(3)</sup>	x: 2.75 m $\eta = 78.4$	N.P. <sup>(4)</sup>	N.P. <sup>(5)</sup>	N.P. <sup>(6)</sup>	x: 5.5 m $\eta = 14.4$	N.P. <sup>(7)</sup>	N.P. <sup>(8)</sup>	N.P. <sup>(9)</sup>	N.P. <sup>(10)</sup>	<b>CUMPLE</b> <b><math>\eta = 78.4</math></b>
<p>Notación:</p> <p>b / t: Relación anchura / espesor</p> <p><math>\bar{\lambda}</math>: Limitación de esbeltez</p> <p>N<sub>t</sub>: Resistencia a tracción</p> <p>N<sub>c</sub>: Resistencia a compresión</p> <p>M<sub>y</sub>: Resistencia a flexión. Eje Y</p> <p>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión. Eje Z</p> <p>M<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a flexión biaxial</p> <p>V<sub>y</sub>: Resistencia a corte Y</p> <p>V<sub>z</sub>: Resistencia a corte Z</p> <p>N<sub>t</sub>M<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a tracción y flexión</p> <p>N<sub>c</sub>M<sub>y</sub>M<sub>z</sub>: Resistencia a compresión y flexión</p> <p>NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a cortante, axil y flexión</p> <p>M<sub>t</sub>NM<sub>y</sub>M<sub>z</sub>V<sub>y</sub>V<sub>z</sub>: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante</p> <p>x: Distancia al origen de la barra</p> <p><math>\eta</math>: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>N.P.: No procede</p>														
<p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p><sup>(1)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.</p> <p><sup>(2)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.</p> <p><sup>(3)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.</p> <p><sup>(4)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p><sup>(5)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.</p> <p><sup>(6)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p><sup>(7)</sup> No hay interacción entre axil de tracción y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p><sup>(8)</sup> No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p><sup>(9)</sup> No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p><sup>(10)</sup> La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p>														

**Relación anchura / espesor** (CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)

Se debe satisfacer:

$$h/t \leq 250$$

$$h / t : \underline{95.5} \quad \checkmark$$

$$b/t \leq 90$$

$$b / t : \underline{25.5} \quad \checkmark$$

$$c/t \leq 30$$

$$c / t : \underline{7.8} \quad \checkmark$$

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

$$0.2 \leq c/b \leq 0.6$$

$$c / b : \underline{0.304}$$

Donde:

**h**: Altura del alma.

**h** : 191.00 mm

**b**: Ancho de las alas.

**b** : 51.00 mm

**c**: Altura de los rigidizadores.

**c** : 15.50 mm

**t**: Espesor.

**t** : 2.00 mm

Nota: Las dimensiones no incluyen el acuerdo entre elementos.

**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.

**Resistencia a tracción** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.2)

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

**Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.3)

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

**Resistencia a flexión. Eje Y** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.784} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

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

$M_{y,Ed}^+$  : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.750 m del nudo 0.000, 5.500, 0.600, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(270^\circ)$  H1.

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

$M_{y,Ed}^-$  : 6.90 kN·m

La resistencia de cálculo a flexión  $M_{c,Rd}$  viene dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$M_{c,Rd}$  : 8.81 kN·m

Donde:

$W_{eff}$ : Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión.

$W_{eff}$  : 39.34 cm<sup>3</sup>

$f_{yb}$ : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_{yb}$  : 235.00 MPa

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M0}$  : 1.05

**Resistencia a pandeo lateral del ala superior:** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a pandeo lateral del ala inferior:** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.2.4)

La comprobación a pandeo lateral no procede, ya que la longitud de pandeo lateral es nula.

**Resistencia a flexión. Eje Z** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

**Resistencia a flexión biaxial** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)

La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.

**Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

**Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

Se debe satisfacer:

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

$\eta$  : 0.144 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.000, 0.000, 0.600, para la combinación de acciones  $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(270^\circ)$  H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{5.33} \text{ kN}$$

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

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin \phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{b,Rd} : \underline{37.13} \text{ kN}$$

Donde:

$h_w$ : Altura del alma.

$$h_w : \underline{195.95} \text{ mm}$$

$t$ : Espesor.

$$t : \underline{2.00} \text{ mm}$$

$\phi$ : Ángulo que forma el alma con la horizontal.

$$\phi : \underline{90.0} \text{ grados}$$

$f_{bv}$ : Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$$0.83 < \bar{\lambda}_w < 1.40 \rightarrow f_{bv} = 0.48 \cdot f_{yb} / \bar{\lambda}_w$$

$$f_{bv} : \underline{99.47} \text{ MPa}$$

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$ : Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$$

$$\bar{\lambda}_w : \underline{1.13}$$

Donde:

$f_{yb}$ : Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_{yb} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

$E$ : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000.00} \text{ MPa}$$

$\gamma_{M0}$ : Coeficiente parcial de seguridad del material.

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

**Resistencia a tracción y flexión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.8 y 6.3)

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

**Resistencia a compresión y flexión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículos 6.1.9 y 6.2.5)

No hay interacción entre axil de compresión y momento flector para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a cortante, axil y flexión** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.10)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

**Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante** (CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 92.76 %

Coordenadas del nudo inicial: 0.000, 5.500, 0.600

Coordenadas del nudo final: 0.000, 0.000, 0.600

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 2.750 m del origen en el primer vano de la correa.

( $I_y = 406 \text{ cm}^4$ ) ( $I_z = 33 \text{ cm}^4$ )

Medición de correas			
Tipo de correas	Nº de correas	Peso lineal kg/m	Peso superficial kN/m <sup>2</sup>
Correas de cubierta	22	119.46	0.06
Correas laterales	12	65.16	0.03

## 2.2.5.7. Placas de anclaje

### 2.2.5.7.2. Placas de anclaje pilares hastiales de los pórticos de fachada (Tipo 1)

Pilar HE 120 B

#### Cordones de soldadura

##### **Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).**

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo ( $\alpha$ ) comprendido entre  $60^\circ$  y  $120^\circ$ . Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si  $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$  No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si  $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$  Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

##### **Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).**

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad (8.23)$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

siendo

$\beta_w$ : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

$f_u$ : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_{\perp}$ : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{\parallel}$ : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_{\perp}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{\parallel}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	5	567	6.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia: -Placa base: Ancho X: 300 mm Ancho Y: 300 mm Espesor: 15 mm -Pernos: 6Ø16 mm L=35 cm Gancho a 180 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x0x5.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 120 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltéz de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 46.6	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 17 cm Calculado: 35 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 62.23 kN Calculado: 50.17 kN Máximo: 43.56 kN Calculado: 4.43 kN Máximo: 62.23 kN Calculado: 56.5 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 80.4 kN Calculado: 47.2 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 238.191 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 125.71 kN Calculado: 4.16 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda:	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 102.167 MPa Calculado: 101.454 MPa	Cumple Cumple

Referencia:		
-Placa base: Ancho X: 300 mm Ancho Y: 300 mm Espesor: 15 mm		
-Pernos: 6Ø16 mm L=35 cm Gancho a 180 grados		
-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
-Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x0x5.0)		
Comprobación	Valores	Estado
- Arriba:	Calculado: 225.071 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 233.794 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>		
	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 5054.32	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 5054.32	Cumple
- Arriba:	Calculado: 4193.33	Cumple
- Abajo:	Calculado: 3740.87	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>		
	Máximo: 261.905 MPa	
	Calculado: 175.97 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.203		
- Punto de tensión local máxima: (-0.06, -0.15)		

### Cordones de soldadura

#### **Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).**

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo ( $\alpha$ ) comprendido entre  $60^\circ$  y  $120^\circ$ . Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si  $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$  No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si  $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$  Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

#### **Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).**

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad (8.23)$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

siendo

$\beta_w$ : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

$f_u$ : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_{\perp}$ : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{\parallel}$ : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_{\perp}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{\parallel}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

### Resistencia de cálculo de las soldaduras a tope (CTE DB SE-A 8.6.3).

En uniones a tope con penetración parcial la resistencia de cálculo se determinará como la de los cordones de soldadura en ángulo, teniendo en cuenta lo siguiente:

a) el espesor de garganta será la profundidad de la penetración que se pueda conseguir de forma estable, que se debe determinar mediante evidencia experimental previa.

para el caso de que se tenga preparación de bordes en U, V, J o recto, se tomará como espesor de garganta el canto nominal de la preparación menos 2,0 mm, a menos que se puedan justificar experimentalmente valores superiores.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Rigidizador y-y (x = -63): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	300	5.0	90.00			
Rigidizador y-y (x = 63): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	300	5.0	90.00			
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	7	50	15.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -63): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 63): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	187.8	325.3	84.30	0.0	0.00	410.0	0.85

### 2.2.5.7.2. Placas de anclaje pilares de esquina de los pórticos de fachada (Tipo 2)

Pilar HE 120 B

#### Cordones de soldadura

##### **Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).**

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo ( $\alpha$ ) comprendido entre  $60^\circ$  y  $120^\circ$ . Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si  $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$  No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si  $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$  Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

##### **Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).**

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad (8.23)$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

siendo

$\beta_w$ : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

$f_u$ : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_{\perp}$ : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{\parallel}$ : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_{\perp}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{\parallel}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	5	567	6.5	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.						410.0	0.85

Placa de anclaje

<b>Referencia:</b> -Placa base: Ancho X: 300 mm Ancho Y: 300 mm Espesor: 15 mm -Pernos: 6Ø16 mm L=30 cm Gancho a 180 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 1(100x0x5.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 121 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 46.6	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 17 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 53.34 kN Calculado: 32.44 kN Máximo: 37.34 kN Calculado: 2.68 kN Máximo: 53.34 kN Calculado: 36.26 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 80.4 kN Calculado: 30.5 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 153.392 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 125.71 kN Calculado: 2.51 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda:	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 245.298 MPa Calculado: 246.519 MPa	Cumple Cumple

Referencia:		
-Placa base: Ancho X: 300 mm Ancho Y: 300 mm Espesor: 15 mm		
-Pernos: 6Ø16 mm L=30 cm Gancho a 180 grados		
-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
-Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 1(100x0x5.0)		
Comprobación	Valores	Estado
- Arriba:	Calculado: 223.177 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 234.996 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>		
	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 456.492	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 443.707	Cumple
- Arriba:	Calculado: 4078	Cumple
- Abajo:	Calculado: 3875.66	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>		
	Máximo: 261.905 MPa	
	Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.145		

#### Cordones de soldadura

##### **Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).**

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo (a) comprendido entre 60° y 120°. Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si  $a > 120^\circ \Rightarrow$  No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si  $a < 60^\circ \Rightarrow$  Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

##### **Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).**

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad (8.23)$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

siendo

$\beta_w$ : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

$f_u$ : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_{\perp}$ : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{\parallel}$ : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_{\perp}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{\parallel}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

### Resistencia de cálculo de las soldaduras a tope (CTE DB SE-A 8.6.3).

En uniones a tope con penetración parcial la resistencia de cálculo se determinará como la de los cordones de soldadura en ángulo, teniendo en cuenta lo siguiente:

a) el espesor de garganta será la profundidad de la penetración que se pueda conseguir de forma estable, que se debe determinar mediante evidencia experimental previa.

para el caso de que se tenga preparación de bordes en U, V, J o recto, se tomará como espesor de garganta el canto nominal de la preparación menos 2,0 mm, a menos que se puedan justificar experimentalmente valores superiores.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	90	5.0	90.00			
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la pieza	En ángulo	4	--	85	5.0	90.00			
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	--	90	5.0	90.00			
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la pieza	En ángulo	4	--	85	5.0	90.00			
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	6	50	15.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.						410.0	0.85	
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la pieza	La comprobación no procede.						410.0	0.85	
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.						410.0	0.85	
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la pieza	La comprobación no procede.						410.0	0.85	
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	151.7	262.8	68.09	0.0	0.00	410.0	0.85

### 2.2.5.7.3. Placas de anclaje pilares de los pórticos interiores (Tipo 3)

Pilar HE 200 B

#### Cordones de soldadura

##### **Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).**

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo ( $\alpha$ ) comprendido entre  $60^\circ$  y  $120^\circ$ . Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si  $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$  No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si  $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$  Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

##### **Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).**

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad (8.23)$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

siendo

$\beta_w$ : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

$f_u$ : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_{\perp}$ : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{\parallel}$ : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_{\perp}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{\parallel}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	6	978	9.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β <sub>w</sub>
	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	τ <sub>  </sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	σ <sub>⊥</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Placa de anclaje

<b>Referencia:</b> -Placa base: Ancho X: 450 mm Ancho Y: 450 mm Espesor: 18 mm -Pernos: 8Ø20 mm L=40 cm Gancho a 180 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x0x12.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 60 mm Calculado: 185 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 23.1	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 22 cm Calculado: 40 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción:  - Cortante:  - Tracción + Cortante:	Máximo: 88.9 kN Calculado: 78.52 kN  Máximo: 62.23 kN Calculado: 5.25 kN  Máximo: 88.9 kN Calculado: 86.02 kN	Cumple  Cumple  Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 125.6 kN Calculado: 73.1 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 234.83 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 188.57 kN Calculado: 5.03 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba:	Máximo: 261.905 MPa  Calculado: 191.095 MPa Calculado: 185.649 MPa Calculado: 249.906 MPa	Cumple  Cumple Cumple

Referencia:		
-Placa base: Ancho X: 450 mm Ancho Y: 450 mm Espesor: 18 mm		
-Pernos: 8Ø20 mm L=40 cm Gancho a 180 grados		
-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada		
-Rigidizadores: Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x0x12.0)		
Comprobación	Valores	Estado
- Abajo:	Calculado: 249.905 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 1101.58	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1182.8	Cumple
- Arriba:	Calculado: 2755.81	Cumple
- Abajo:	Calculado: 2755.8	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 215.609 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.193		
- Punto de tensión local máxima: (-0.1, 0.1)		

### Cordones de soldadura

#### **Disposiciones constructivas y clasificación (CTE DB SE-A 8.6.1).**

Las prescripciones que siguen serán aplicables cuando los elementos a unir tienen al menos 4 mm de espesor y son de aceros estructurales soldables.

Soldadura en ángulo. Se utiliza para unir elementos cuyas caras de fusión forman un ángulo ( $\alpha$ ) comprendido entre  $60^\circ$  y  $120^\circ$ . Pueden ser uniones en T o de solape (figura 8.6).

En el caso de uniones en T

- si  $\alpha > 120^\circ \Rightarrow$  No se considerará que se pueden transmitir esfuerzos.
- si  $\alpha < 60^\circ \Rightarrow$  Se considerará como soldadura a tope con penetración parcial.

La longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo será la total del cordón siempre que se mantenga el espesor de garganta nominal (véase figura 8.9), pero no se considerarán cordones cuya longitud sea inferior a 40 mm o a seis veces el ancho de garganta.

#### **Resistencia de cálculo de las soldaduras en ángulo (CTE DB SE-A 8.6.2).**

Espesor de garganta del cordón en ángulo. Se observarán las siguientes limitaciones:

- el espesor de garganta de un cordón de soldadura en ángulo no será menor de 3 mm.
- en el caso de soldadura con penetración profunda se podrá tomar el espesor de garganta dado en la figura 8.9.c) siempre que se demuestre por ensayos que se puede conseguir de forma estable la penetración requerida.

La soldadura de ángulo será suficiente si, con las tensiones de cálculo, se cumple:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}} \quad (8.23)$$

$$\sigma_{\perp} \leq \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

siendo

$\beta_w$ : coeficiente de correlación dado en la tabla 8.1.

$f_u$ : resistencia última a tracción de la pieza más débil de la unión.

$\sigma_{\perp}$ : tensión normal perpendicular al plano de la garganta.

$\sigma_{\parallel}$ : tensión normal paralela al eje del cordón. No actúa en el plano de comprobación ni se tiene en cuenta en las comprobaciones a realizar.

$\tau_{\perp}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) perpendicular al eje del cordón.

$\tau_{\parallel}$ : tensión tangencial (en el plano de la garganta) paralelo al eje del cordón.

### Resistencia de cálculo de las soldaduras a tope (CTE DB SE-A 8.6.3).

En uniones a tope con penetración parcial la resistencia de cálculo se determinará como la de los cordones de soldadura en ángulo, teniendo en cuenta lo siguiente:

a) el espesor de garganta será la profundidad de la penetración que se pueda conseguir de forma estable, que se debe determinar mediante evidencia experimental previa.

para el caso de que se tenga preparación de bordes en U, V, J o recto, se tomará como espesor de garganta el canto nominal de la preparación menos 2,0 mm, a menos que se puedan justificar experimentalmente valores superiores.

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Rigidizador y-y (x = -106): Soldadura a la placa base	En ángulo	8	--	450	12.0	90.00			
Rigidizador y-y (x = 106): Soldadura a la placa base	En ángulo	8	--	450	12.0	90.00			
Soldadura de los pernos a la placa base	De penetración parcial	--	8	63	18.0	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta_w$
	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{\parallel}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Valor (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)	$\sigma_{\perp}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = - 106): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.						410.0	0.85	
Rigidizador y-y (x = 106): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.						410.0	0.85	
Soldadura de los pernos a la placa base	0.0	0.0	193.9	335.9	87.03	0.0	0.00	410.0	0.85

## 2.2.5.8. Cimentación

### 2.2.5.8.2. Zapatas pilares pórticos interiores (Tipo 1)

Referencia: Zapata Tipo 1		
Dimensiones: 155 x 260 x 110		
Armados: Xi: Ø16c/20 Yi: Ø16c/20 Xs: Ø16c/20 Ys: Ø16c/20		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0445374 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0721035 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0778914 MPa	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:	Reserva seguridad: 7855.8 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 64.0 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 8.30 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 119.39 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 65.04 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m <sup>2</sup> Calculado: 68.7 kN/m <sup>2</sup>	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>		
	Mínimo: 25 cm Calculado: 110 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N26:	Mínimo: 40 cm Calculado: 102 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0009 Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 0.0009	Cumple

Referencia: Zapata Tipo 1		
Dimensiones: 155 x 260 x 110		
Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</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: 0.001</p> <p>Mínimo: 0.0001</p> <p>Mínimo: 0.0003</p> <p>Mínimo: 0.0001</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 58.8.2 (norma EHE-08)</i></p> <p>- Parrilla inferior:</p> <p>- Parrilla superior:</p>	<p>Mínimo: 12 mm</p> <p>Calculado: 16 mm</p> <p>Calculado: 16 mm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</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>Máximo: 30 cm</p> <p>Calculado: 20 cm</p> <p>Calculado: 20 cm</p> <p>Calculado: 20 cm</p> <p>Calculado: 20 cm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</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: 10 cm</p> <p>Calculado: 20 cm</p> <p>Calculado: 20 cm</p> <p>Calculado: 20 cm</p> <p>Calculado: 20 cm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i></p> <p>- Armado inf. dirección X hacia der:</p> <p>- Armado inf. dirección X hacia izq:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:</p> <p>- Armado sup. dirección X hacia der:</p> <p>- Armado sup. dirección X hacia izq:</p> <p>- Armado sup. dirección Y hacia arriba:</p>	<p>Mínimo: 16 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Mínimo: 16 cm</p> <p>Calculado: 16 cm</p> <p>Mínimo: 16 cm</p> <p>Calculado: 140 cm</p> <p>Mínimo: 0 cm</p> <p>Calculado: 0 cm</p> <p>Mínimo: 19 cm</p> <p>Calculado: 19 cm</p> <p>Mínimo: 19 cm</p> <p>Calculado: 19 cm</p> <p>Mínimo: 19 cm</p> <p>Calculado: 143 cm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>

Referencia: Zapata Tipo 1		
Dimensiones: 155 x 260 x 110		
Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 0 cm Calculado: 0 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 19 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.01		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.22		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 0.00 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 692.29 kN		

### 2.2.5.8.2. Zapatas pilares pórticos de fachada (Tipo 2)

Referencia: Zapata Tipo 2		
Dimensiones: 200 x 200 x 45		
Armados: Xi:Ø12c/27 Yi:Ø12c/27 Xs:Ø12c/27 Ys:Ø12c/27		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Tensiones sobre el terreno:</p> <p><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p> <p>- Tensión media en situaciones persistentes:</p>	<p>Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.0167751 MPa</p>	Cumple
<p>- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:</p>	<p>Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0151074 MPa</p>	Cumple
<p>- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:</p>	<p>Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.0282528 MPa</p>	Cumple
<p>Vuelco de la zapata:</p> <p><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>	Reserva seguridad: 31506.6 %	Cumple
<p>- En dirección Y:</p>	Reserva seguridad: 26.1 %	Cumple
<p>Flexión en la zapata:</p>		
<p>- En dirección X:</p>	Momento: 5.91 kN·m	Cumple
<p>- En dirección Y:</p>	Momento: 16.52 kN·m	Cumple
<p>Cortante en la zapata:</p>		
<p>- En dirección X:</p>	Cortante: 7.55 kN	Cumple
<p>- En dirección Y:</p>	Cortante: 24.43 kN	Cumple
<p>Compresión oblicua en la zapata:</p>		
<p>- Situaciones persistentes:</p> <p><i>Criterio de CYPE Ingenieros</i></p>	<p>Máximo: 5000 kN/m<sup>2</sup> Calculado: 72.4 kN/m<sup>2</sup></p>	Cumple
<p>Canto mínimo:</p> <p><i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i></p>	<p>Mínimo: 25 cm Calculado: 45 cm</p>	Cumple
<p>Espacio para anclar arranques en cimentación:</p>		
<p>- N162:</p>	<p>Mínimo: 35 cm Calculado: 38 cm</p>	Cumple
<p>Cuantía geométrica mínima:</p> <p><i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i></p>	Mínimo: 0.0009	
<p>- Armado inferior dirección X:</p>	Calculado: 0.0009	Cumple
<p>- Armado superior dirección X:</p>	Calculado: 0.0009	Cumple
<p>- Armado inferior dirección Y:</p>	Calculado: 0.0009	Cumple
<p>- Armado superior dirección Y:</p>	Calculado: 0.0009	Cumple
<p>Cuantía mínima necesaria por flexión:</p> <p><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i></p>	Calculado: 0.001	
<p>- Armado inferior dirección X:</p>	Mínimo: 0.0001	Cumple

Referencia: Zapata Tipo 2		
Dimensiones: 200 x 200 x 45		
Armados: Xi:Ø12c/27 Yi:Ø12c/27 Xs:Ø12c/27 Ys:Ø12c/27		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 27 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 27 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: 45 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 45 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: 45 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 45 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 58.2 de la norma EHE-08)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.06		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.15		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 436.84 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 436.84 kN		

### 2.2.5.8.3. Vigas de atado (Tipo 1)

Referencia: Viga de atado Tipo 1 -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</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 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</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 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

#### 2.2.5.8.4. Vigas de atado (Tipo 2)

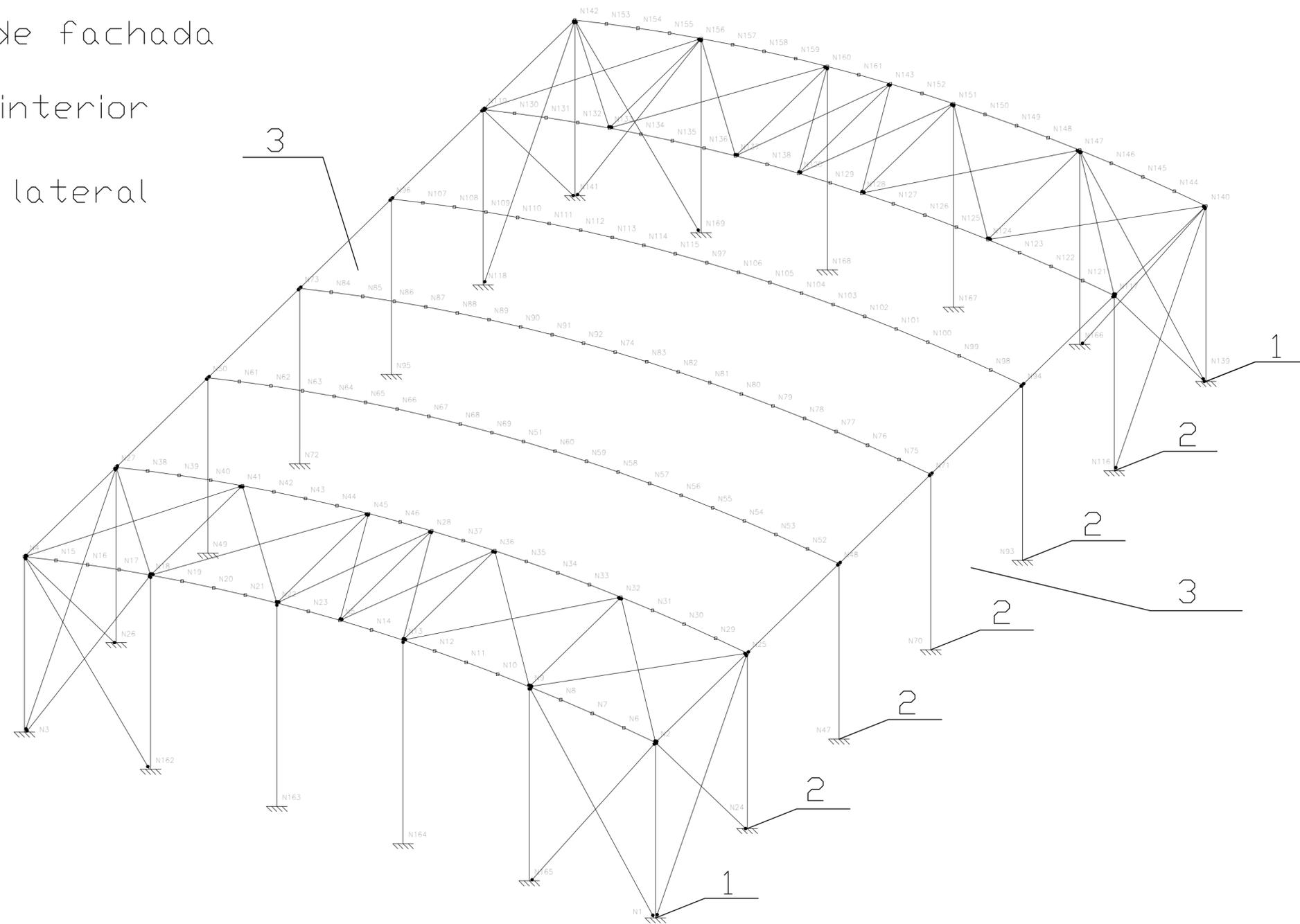
Referencia: C.1 [N163-N162] (Viga de atado) -Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm -Armadura superior: 2Ø12 -Armadura inferior: 2Ø12 -Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</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 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</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 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		

# 3. PLANOS

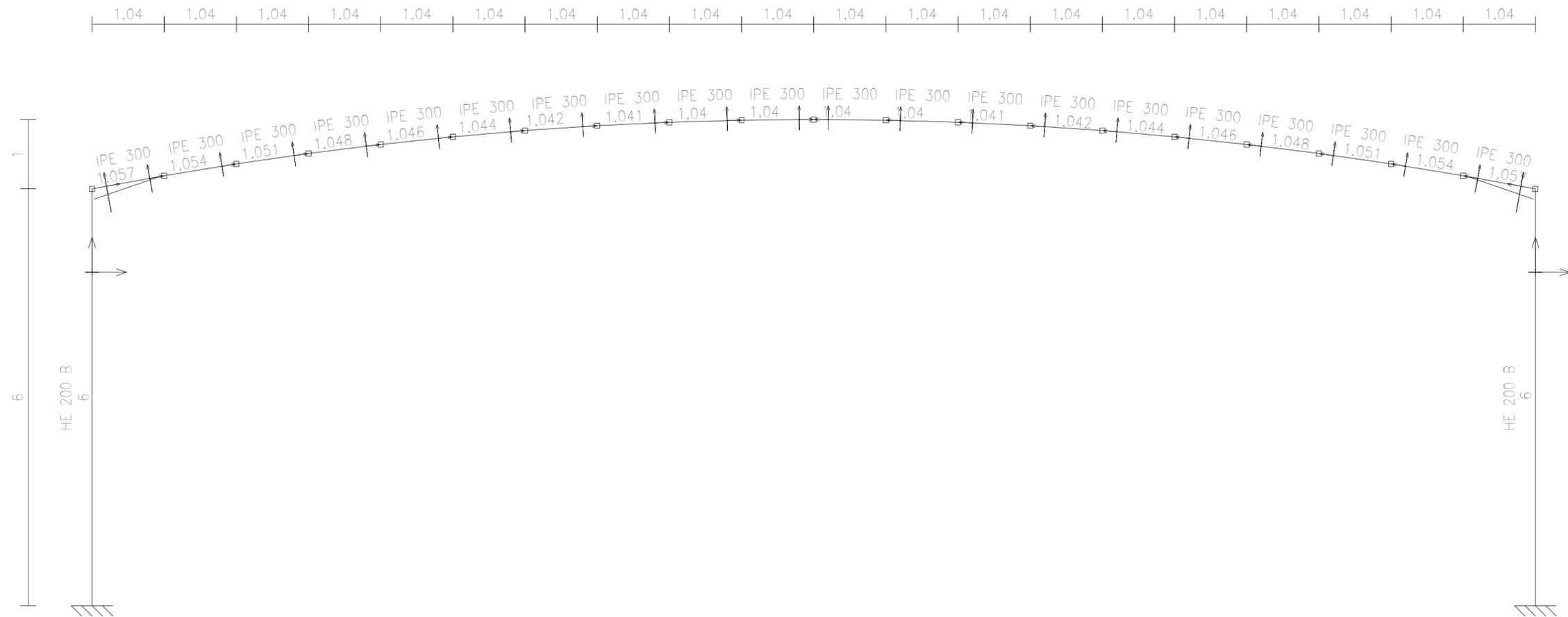
1-Pórtico de fachada

2-Pórtico interior

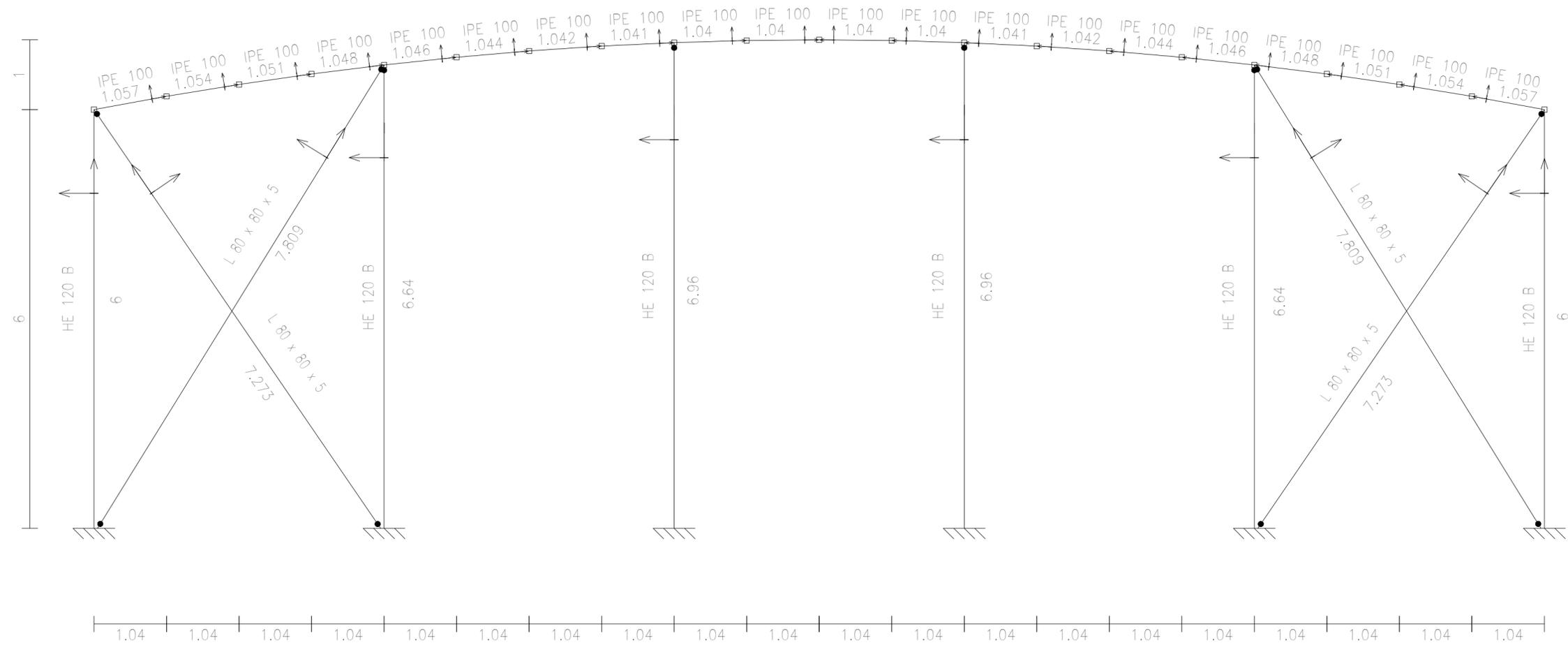
3-Fachada lateral



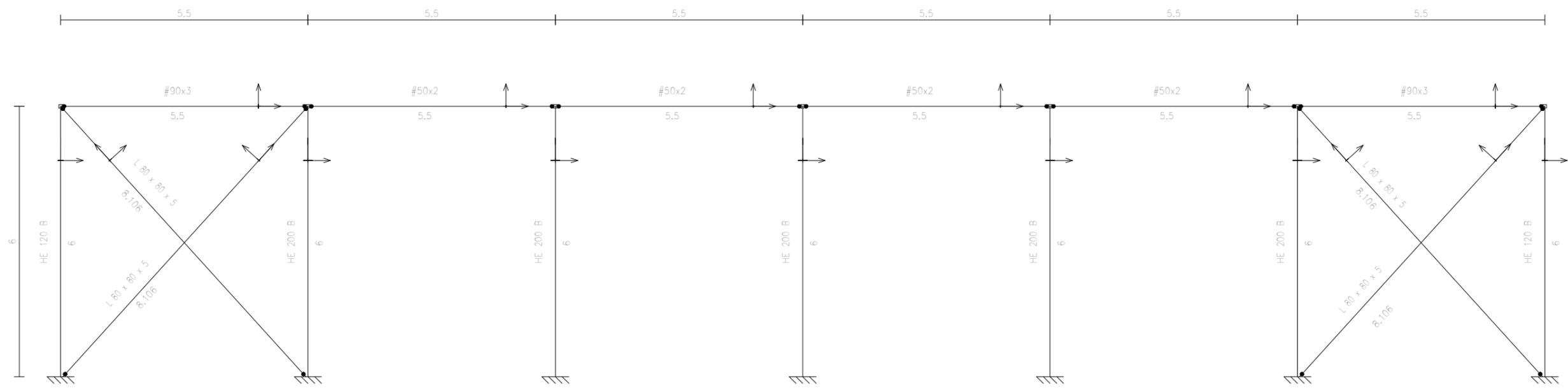
PROYECTO: Optimización del diseño y cálculo de la estructura metálica de una cubierta curva para una piscina			
Plano nº1	E:1/10	Cubierta 3D	
	mm		
Planos totales:7		Javier Pérez Mengual	16-06-2017

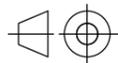


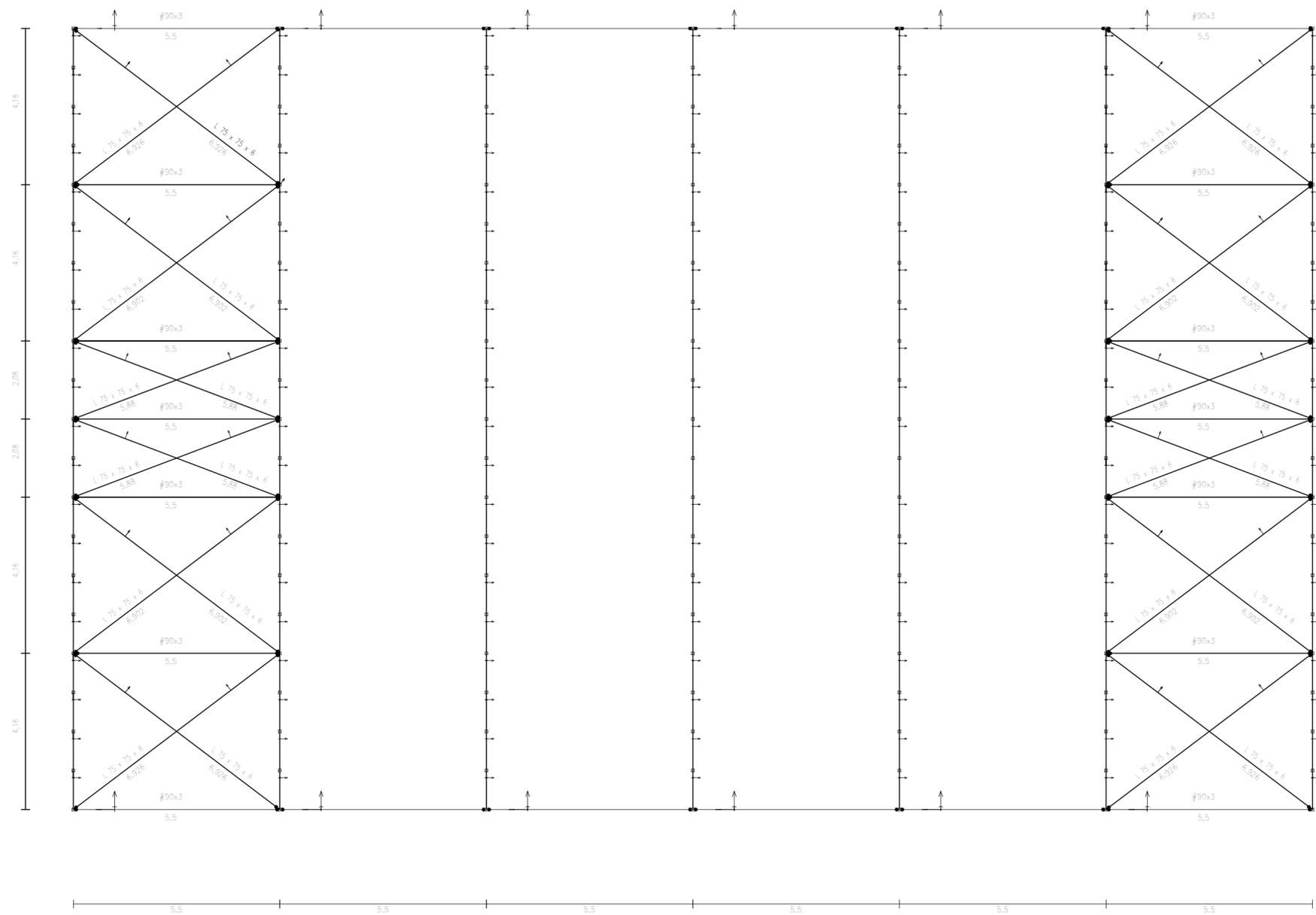
PROYECTO: Optimización del diseño y cálculo de la estructura metálica de una cubierta curva para una piscina			
Plano nº2	E:1/5	Pórtico interior	
	mm		
Planos totales:7		Javier Pérez Mengual	16-06-2017



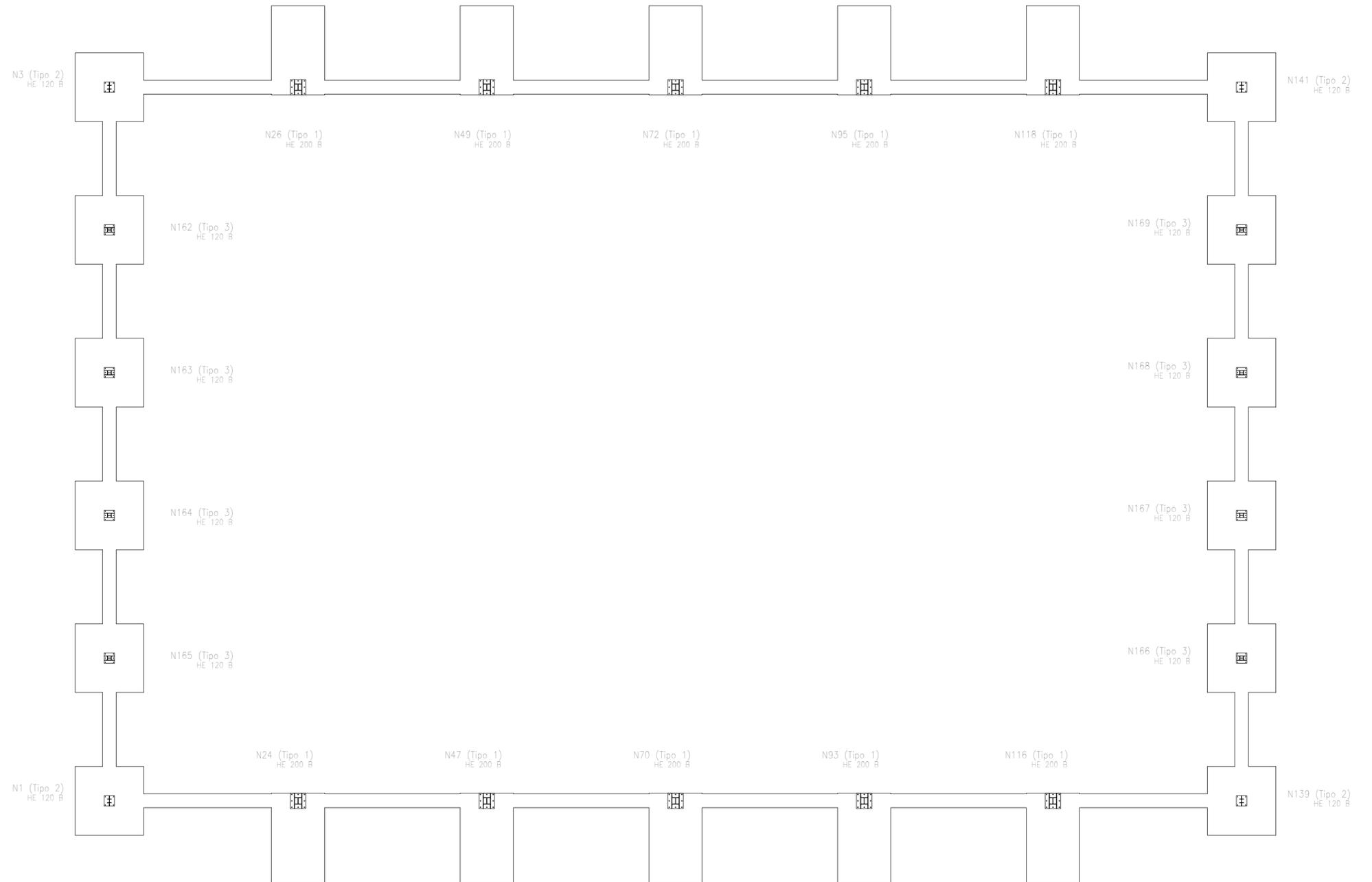
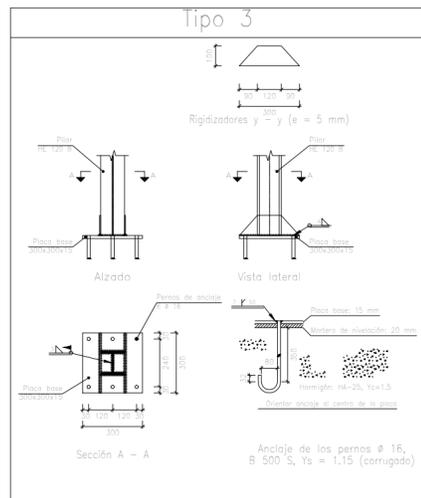
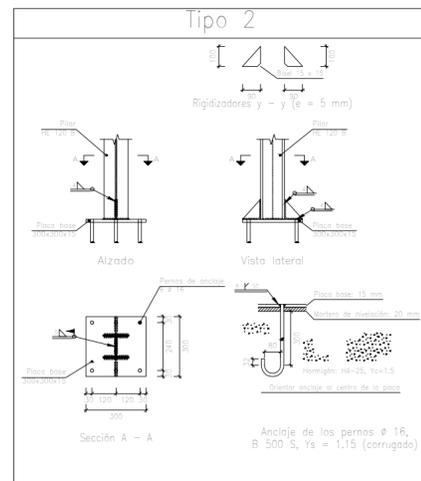
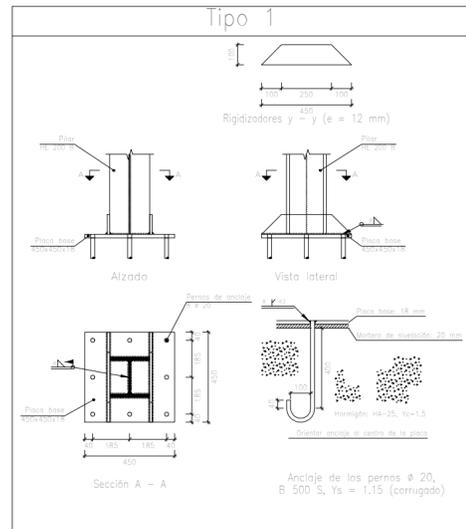
PROYECTO: Optimización del diseño y cálculo de la estructura metálica de una cubierta curva para una piscina			
Plano nº3	E:1/5	Pórtico de fachada	
	mm		
Planos totales:7		Javier Pérez Mengual	16-06-2017



PROYECTO: Optimización del diseño y cálculo de la estructura metálica de una cubierta curva para una piscina			
Plano nº4	E:1/10	Fachada lateral	
	mm		
Planos totales:7		Javier Pérez Mengual	16-06-2017



PROYECTO: Optimización del diseño y cálculo de la estructura metálica de una cubierta curva para una piscina			
Plano nº5	E:1/10	Plano de cubierta	
	mm		
Planos totales:7		Javier Pérez Mengual	16-06-2017



Cuadro de arranques		
Referencias	Pernos de Placas de Anclaje	Dimensión de Placas de Anclaje
N26, N49, N72, N95, N118, N116, N93, N70, N47 y N24	8 Pernos $\varnothing$ 20	Placa base (450x450x18)
N3, N1, N139, N141, N162, N163, N164, N165, N166, N167, N168 y N169	6 Pernos $\varnothing$ 16	Placa base (300x300x15)

PROYECTO: Optimización del diseño y cálculo de la estructura metálica de una cubierta curva para una piscina			
Plano n°6	E:1/10	Plano placas de anclaje	
	mm		
Planos totales:7		Javier Pérez Mengual	16-06-2017

C [N3-N26], C [N28-N45], C [N49-N72], C [N76-N93], C [N97-N114], C [N118-N141],  
 C [N145-N162], C [N166-N183], C [N187-N210], C [N214-N241], C [N245-N272], C [N276-N303], C [N307-N334], C [N338-N365],  
 C [N369-N396], C [N400-N427], C [N431-N458], C [N462-N489], C [N493-N520], C [N524-N551], C [N555-N582],  
 C [N586-N613], C [N617-N644], C [N648-N675], C [N679-N706], C [N710-N737], C [N741-N768], C [N772-N799],  
 C [N803-N830], C [N834-N861], C [N865-N892], C [N896-N923], C [N927-N954], C [N958-N985], C [N989-N1016],  
 C [N1020-N1047], C [N1051-N1078], C [N1082-N1109], C [N1113-N1140], C [N1144-N1171], C [N1175-N1202],  
 C [N1206-N1233], C [N1237-N1264], C [N1268-N1295], C [N1299-N1326], C [N1330-N1357], C [N1361-N1388],  
 C [N1392-N1419], C [N1423-N1450], C [N1454-N1481], C [N1485-N1512], C [N1516-N1543], C [N1547-N1574],  
 C [N1578-N1605], C [N1609-N1636], C [N1640-N1667], C [N1671-N1698], C [N1702-N1729], C [N1733-N1760],  
 C [N1764-N1791], C [N1795-N1822], C [N1826-N1853], C [N1857-N1884], C [N1888-N1915], C [N1919-N1946],  
 C [N1950-N1977], C [N1981-N2008], C [N2012-N2039], C [N2043-N2070], C [N2074-N2101], C [N2105-N2132],  
 C [N2136-N2163], C [N2167-N2194], C [N2198-N2225], C [N2229-N2256], C [N2260-N2287], C [N2291-N2318],  
 C [N2322-N2349], C [N2353-N2380], C [N2384-N2411], C [N2415-N2442], C [N2446-N2473], C [N2477-N2504],  
 C [N2508-N2535], C [N2539-N2566], C [N2570-N2597], C [N2601-N2628], C [N2632-N2659], C [N2663-N2690],  
 C [N2694-N2721], C [N2725-N2752], C [N2756-N2783], C [N2787-N2814], C [N2818-N2845], C [N2849-N2876],  
 C [N2880-N2907], C [N2911-N2938], C [N2942-N2969], C [N2973-N3000], C [N3004-N3031], C [N3035-N3062],  
 C [N3066-N3093], C [N3097-N3124], C [N3128-N3155], C [N3159-N3186], C [N3190-N3217], C [N3221-N3248],  
 C [N3252-N3279], C [N3283-N3310], C [N3314-N3341], C [N3345-N3372], C [N3376-N3403], C [N3407-N3434],  
 C [N3438-N3465], C [N3469-N3496], C [N3500-N3527], C [N3531-N3558], C [N3562-N3589], C [N3593-N3620],  
 C [N3624-N3651], C [N3655-N3682], C [N3686-N3713], C [N3717-N3744], C [N3748-N3775], C [N3779-N3806],  
 C [N3810-N3837], C [N3841-N3868], C [N3872-N3899], C [N3903-N3930], C [N3934-N3961], C [N3965-N3992],  
 C [N3996-N4023], C [N4027-N4054], C [N4058-N4085], C [N4089-N4116], C [N4120-N4147], C [N4151-N4178],  
 C [N4182-N4209], C [N4213-N4240], C [N4244-N4271], C [N4275-N4302], C [N4306-N4333], C [N4337-N4364],  
 C [N4368-N4395], C [N4400-N4427], C [N4431-N4458], C [N4462-N4489], C [N4493-N4520], C [N4524-N4551],  
 C [N4555-N4582], C [N4586-N4613], C [N4617-N4644], C [N4648-N4675], C [N4679-N4706], C [N4710-N4737],  
 C [N4741-N4768], C [N4772-N4799], C [N4803-N4830], C [N4834-N4861], C [N4865-N4892], C [N4896-N4923],  
 C [N4927-N4954], C [N4958-N4985], C [N4989-N5016], C [N5020-N5047], C [N5051-N5078], C [N5082-N5109],  
 C [N5113-N5140], C [N5144-N5171], C [N5175-N5202], C [N5206-N5233], C [N5237-N5264], C [N5268-N5295],  
 C [N5299-N5326], C [N5330-N5357], C [N5361-N5388], C [N5392-N5419], C [N5423-N5450], C [N5454-N5481],  
 C [N5485-N5512], C [N5516-N5543], C [N5547-N5574], C [N5578-N5605], C [N5609-N5636], C [N5640-N5667],  
 C [N5671-N5698], C [N5702-N5729], C [N5733-N5760], C [N5764-N5791], C [N5795-N5822], C [N5826-N5853],  
 C [N5857-N5884], C [N5888-N5915], C [N5919-N5946], C [N5950-N5977], C [N5981-N6008], C [N6012-N6039],  
 C [N6043-N6070], C [N6074-N6101], C [N6105-N6132], C [N6136-N6163], C [N6167-N6194], C [N6200-N6227],  
 C [N6231-N6258], C [N6262-N6289], C [N6293-N6320], C [N6324-N6351], C [N6355-N6382], C [N6386-N6413],  
 C [N6417-N6444], C [N6448-N6475], C [N6479-N6506], C [N6510-N6537], C [N6541-N6568], C [N6572-N6599],  
 C [N6603-N6630], C [N6634-N6661], C [N6665-N6692], C [N6696-N6723], C [N6727-N6754], C [N6758-N6785],  
 C [N6789-N6816], C [N6820-N6847], C [N6851-N6878], C [N6882-N6909], C [N6913-N6940], C [N6944-N6971],  
 C [N6975-N7002], C [N7006-N7033], C [N7037-N7064], C [N7068-N7095], C [N7100-N7127], C [N7131-N7158],  
 C [N7162-N7189], C [N7193-N7220], C [N7224-N7251], C [N7255-N7282], C [N7286-N7313], C [N7317-N7344],  
 C [N7348-N7375], C [N7379-N7406], C [N7410-N7437], C [N7441-N7468], C [N7472-N7499], C [N7503-N7530],  
 C [N7534-N7561], C [N7565-N7592], C [N7596-N7623], C [N7627-N7654], C [N7658-N7685], C [N7689-N7716],  
 C [N7720-N7747], C [N7751-N7778], C [N7782-N7809], C [N7813-N7840], C [N7844-N7871], C [N7875-N7902],  
 C [N7906-N7933], C [N7937-N7964], C [N7968-N7995], C [N8000-N8027], C [N8031-N8058], C [N8062-N8089],  
 C [N8093-N8120], C [N8124-N8151], C [N8155-N8182], C [N8186-N8213], C [N8217-N8244], C [N8248-N8275],  
 C [N8279-N8306], C [N8310-N8337], C [N8341-N8368], C [N8372-N8399], C [N8403-N8430], C [N8434-N8461],  
 C [N8465-N8492], C [N8496-N8523], C [N8527-N8554], C [N8558-N8585], C [N8589-N8616], C [N8620-N8647],  
 C [N8651-N8678], C [N8682-N8709], C [N8713-N8740], C [N8744-N8771], C [N8775-N8802], C [N8806-N8833],  
 C [N8837-N8864], C [N8868-N8895], C [N8900-N8927], C [N8931-N8958], C [N8962-N8989], C [N8993-N9020],  
 C [N9024-N9051], C [N9055-N9082], C [N9086-N9113], C [N9117-N9144], C [N9148-N9175], C [N9179-N9206],  
 C [N9210-N9237], C [N9241-N9268], C [N9272-N9299], C [N9303-N9330], C [N9337-N9364], C [N9368-N9395],  
 C [N9399-N9426], C [N9430-N9457], C [N9461-N9488], C [N9492-N9519], C [N9523-N9550], C [N9554-N9581],  
 C [N9585-N9612], C [N9616-N9643], C [N9647-N9674], C [N9678-N9705], C [N9709-N9736], C [N9740-N9767],  
 C [N9771-N9798], C [N9802-N9829], C [N9833-N9860], C [N9864-N9891], C [N9895-N9922], C [N9926-N9953],  
 C [N9957-N9984], C [N9988-N1015], C [N1019-N1046], C [N1050-N1077], C [N1081-N1108], C [N1112-N1139],  
 C [N1143-N1170], C [N1174-N1201], C [N1205-N1232], C [N1236-N1263], C [N1267-N1294], C [N1298-N1325],  
 C [N1329-N1356], C [N1360-N1387], C [N1391-N1418], C [N1422-N1449], C [N1453-N1480], C [N1484-N1511],  
 C [N1515-N1542], C [N1546-N1573], C [N1577-N1604], C [N1608-N1635], C [N1639-N1666], C [N1670-N1697],  
 C [N1701-N1728], C [N1732-N1759], C [N1763-N1790], C [N1794-N1821], C [N1825-N1852], C [N1856-N1883],  
 C [N1887-N1914], C [N1918-N1945], C [N1949-N1976], C [N1980-N2007], C [N2011-N2038], C [N2042-N2069],  
 C [N2073-N2100], C [N2104-N2131], C [N2135-N2162], C [N2166-N2193], C [N2197-N2224], C [N2228-N2255],  
 C [N2259-N2286], C [N2290-N2317], C [N2321-N2348], C [N2352-N2379], C [N2383-N2410], C [N2414-N2441],  
 C [N2445-N2472], C [N2476-N2503], C [N2507-N2534], C [N2538-N2565], C [N2569-N2596], C [N2600-N2627],  
 C [N2631-N2658], C [N2662-N2689], C [N2693-N2720], C [N2724-N2751], C [N2755-N2782], C [N2786-N2813],  
 C [N2817-N2844], C [N2848-N2875], C [N2879-N2906], C [N2910-N2937], C [N2941-N2968], C [N2972-N2999],  
 C [N3003-N3030], C [N3034-N3061], C [N3065-N3092], C [N3096-N3123], C [N3127-N3154], C [N3158-N3185],  
 C [N3189-N3216], C [N3220-N3247], C [N3251-N3278], C [N3282-N3309], C [N3313-N3340], C [N3344-N3371],  
 C [N3375-N3402], C [N3406-N3433], C [N3437-N3464], C [N3468-N3495], C [N3500-N3527], C [N3531-N3558],  
 C [N3562-N3589], C [N3593-N3620], C [N3624-N3651], C [N3655-N3682], C [N3686-N3713], C [N3717-N3744],  
 C [N3748-N3775], C [N3779-N3806], C [N3810-N3837], C [N3841-N3868], C [N3872-N3899], C [N3903-N3930],  
 C [N3934-N3961], C [N3965-N3992], C [N3996-N4023], C [N4027-N4054], C [N4058-N4085], C [N4089-N4116],  
 C [N4120-N4147], C [N4151-N4178], C [N4182-N4209], C [N4213-N4240], C [N4244-N4271], C [N4275-N4302],  
 C [N4306-N4333], C [N4337-N4364], C [N4368-N4395], C [N4400-N4427], C [N4431-N4458], C [N4462-N4489],  
 C [N4493-N4520], C [N4524-N4551], C [N4555-N4582], C [N4586-N4613], C [N4617-N4644], C [N4648-N4675],  
 C [N4679-N4706], C [N4710-N4737], C [N4741-N4768], C [N4772-N4799], C [N4803-N4830], C [N4834-N4861],  
 C [N4865-N4892], C [N4896-N4923], C [N4927-N4954], C [N4958-N4985], C [N4989-N5016], C [N5020-N5047],  
 C [N5051-N5078], C [N5082-N5109], C [N5113-N5140], C [N5144-N5171], C [N5175-N5202], C [N5206-N5233],  
 C [N5237-N5264], C [N5268-N5295], C [N5299-N5326], C [N5330-N5357], C [N5361-N5388], C [N5392-N5419],  
 C [N5423-N5450], C [N5454-N5481], C [N5485-N5512], C [N5516-N5543], C [N5547-N5574], C [N5578-N5605],  
 C [N5609-N5636], C [N5640-N5667], C [N5671-N5698], C [N5702-N5729], C [N5733-N5760], C [N5764-N5791],  
 C [N5795-N5822], C [N5826-N5853], C [N5857-N5884], C [N5888-N5915], C [N5919-N5946], C [N5950-N5977],  
 C [N5981-N6008], C [N6012-N6039], C [N6043-N6070], C [N6074-N6101], C [N6105-N6132], C [N6136-N6163],  
 C [N6167-N6194], C [N6200-N6227], C [N6231-N6258], C [N6262-N6289], C [N6293-N6320], C [N6324-N6351],  
 C [N6355-N6382], C [N6386-N6413], C [N6417-N6444], C [N6448-N6475], C [N6479-N6506], C [N6510-N6537],  
 C [N6541-N6568], C [N6572-N6599], C [N6603-N6630], C [N6634-N6661], C [N6665-N6692], C [N6696-N6723],  
 C [N6727-N6754], C [N6758-N6785], C [N6789-N6816], C [N6820-N6847], C [N6851-N6878], C [N6882-N6909],  
 C [N6913-N6940], C [N6944-N6971], C [N6975-N6999], C [N7006-N7033], C [N7037-N7064], C [N7068-N7095],  
 C [N7100-N7127], C [N7131-N7158], C [N7162-N7189], C [N7193-N7220], C [N7224-N7251], C [N7255-N7282],  
 C [N7286-N7313], C [N7317-N7344], C [N7348-N7375], C [N7379-N7406], C [N7410-N7437], C [N7441-N7468],  
 C [N7472-N7499], C [N7503-N7530], C [N7534-N7561], C [N7565-N7592], C [N7596-N7623], C [N7627-N7654],  
 C [N7658-N7685], C [N7689-N7716], C [N7720-N7747], C [N7751-N7778], C [N7782-N7809], C [N7813-N7840],  
 C [N7844-N7871], C [N7875-N7902], C [N7906-N7933], C [N7937-N7964], C [N7968-N7995], C [N8000-N8027],  
 C [N8031-N8058], C [N8062-N8089], C [N8093-N8120], C [N8124-N8151], C [N8155-N8182], C [N8186-N8213],  
 C [N8217-N8244], C [N8248-N8275], C [N8279-N8306], C [N8310-N8337], C [N8341-N8368], C [N8372-N8399],  
 C [N8403-N8430], C [N8434-N8461], C [N8465-N8492], C [N8496-N8523], C [N8527-N8554], C [N8558-N8585],  
 C [N8589-N8616], C [N8620-N8647], C [N8651-N8678], C [N8682-N8709], C [N8713-N8740], C [N8744-N8771],  
 C [N8775-N8802], C [N8806-N8833], C [N8837-N8864], C [N8868-N8895], C [N8900-N8927], C [N8931-N8958],  
 C [N8962-N8989], C [N8993-N9020], C [N9024-N9051], C [N9055-N9082], C [N9086-N9113], C [N9117-N9144],  
 C [N9148-N9175], C [N9179-N9206], C [N9210-N9237], C [N9241-N9268], C [N9272-N9299], C [N9293-N9320],  
 C [N9324-N9351], C [N9355-N9382], C [N9386-N9413], C [N9417-N9444], C [N9448-N9475], C [N9479-N9506],  
 C [N9510-N9537], C [N9541-N9568], C [N9572-N9599], C [N9603-N9630], C [N9634-N9661], C [N9665-N9692],  
 C [N9696-N9723], C [N9727-N9754], C [N9758-N9785], C [N9789-N9816], C [N9820-N9847], C [N9851-N9878],  
 C [N9882-N9909], C [N9913-N9940], C [N9944-N9971], C [N9975-N9999], C [N10000-N10027], C [N10031-N10058],  
 C [N10062-N10089], C [N10093-N10120], C [N10124-N10151], C [N10155-N10182], C [N10186-N10213], C [N10217-N10244],  
 C [N10248-N10275], C [N10279-N10306], C [N10310-N10337], C [N10341-N10368], C [N10372-N10399], C [N10403-N10430],  
 C [N10434-N10461], C [N10465-N10492], C [N10496-N10523], C [N10527-N10554], C [N10558-N10585], C [N10589-N10616],  
 C [N10620-N10647], C [N10651-N10678], C [N10682-N10709], C [N10713-N10740], C [N10744-N10771], C [N10775-N10802],  
 C [N10806-N10833], C [N10837-N10864], C [N10868-N10895], C [N10900-N10927], C [N10931-N10958], C [N10962-N10989],  
 C [N10993-N11020], C [N11024-N11051], C [N11055-N11082], C [N11086-N11113], C [N11117-N11144], C [N11148-N11175],  
 C [N11179-N11206], C [N11210-N11237], C [N11241-N11268], C [N11272-N11299], C [N11303-N11330], C [N11334-N11361],  
 C [N11365-N11392], C [N11396-N11423], C [N11427-N11454], C [N11458-N11485], C [N11489-N11516], C [N11520-N11547],  
 C [N11551-N11578], C [N11582-N11609], C [N11613-N11640], C [N11644-N11671], C [N11675-N11702], C [N11706-N11733],  
 C [N11737-N11764], C [N11768-N11795], C [N11800-N11827], C [N11831-N11858], C [N11862-N11889], C [N11893-N11920],  
 C [N11924-N11951], C [N11955-N11982], C [N11986-N12013], C [N12017-N12044], C [N12048-N12075], C [N12079-N12106],  
 C [N12110-N12137], C [N12141-N12168], C [N12172-N12199], C [N12203-N12230], C [N12234-N12261], C [N12265-N12292],  
 C [N12296-N12323], C [N12327-N12354], C [N12358-N12385], C [N12389-N12416], C [N12420-N12447], C [N12451-N12478],  
 C [N12482-N12509], C [N12513-N12540], C [N12544-N12571], C [N12575-N12602], C [N12606-N12633], C [N12637-N12664],  
 C [N12668-N12695], C [N12700-N12727], C [N12731-N12758], C [N12762-N12789], C [N12793-N12820], C [N12824-N12851],  
 C [N12855-N12882], C [N12886-N12913], C [N12917-N12944], C [N12948-N12975], C [N12979-N13006], C [N13010-N13037],  
 C [N13041-N13068], C [N13072-N13099], C [N13103-N13130], C [N13134-N13161], C [N13165-N13192], C [N13196-N13223],  
 C [N13227-N13254], C [N13258-N13285], C [N13289-N13316], C [N13320-N13347], C [N13351-N13378], C [N13382-N13409],  
 C [N13413-N13440], C [N13444-N13471], C [N13475-N13502], C [N13506-N13533], C [N13537-N13564], C [N13568-N13595],  
 C [N13599-N13626], C [N13630-N13657], C [N13661-N13688], C [N13692-N13719], C [N13723-N13750], C [N13754-N13781],  
 C [N13785-N13812], C [N13816-N13843], C [N13847-N13874], C [N13878-N13905], C [N13909-N13936], C [N13940-N13967],  
 C [N13971-N13998], C [N14002-N14029], C [N14033-N14060], C [N14064-N14091], C [N14095-N14122], C [N14126-N14153],  
 C [N14157-N14184], C [N14188-N14215], C [N14219-N14246], C [N14250-N14277], C [N14281-N14308], C [N14312-N14339],  
 C [N14343-N14370], C [N14374-N14401], C [N14405-N14432], C [N14436-N14463], C [N14467-N14494], C [N14498-N14525],  
 C [N14529-N14556], C [N14560-N14587], C [N14591-N14618], C [N14622-N14649], C [N14653-N14680], C [N14684-N14711],  
 C [N14715-N14742], C [N14746-N14773], C [N14777-N14804], C [N14808-N14835], C [N14839-N14866], C [N14870-N14897],  
 C [N14901-N14928], C [N14932-N14959], C [N14963-N14990], C [N14994-N15021], C [N15025-N15052], C [N15056-N15083],  
 C [N15087-N15114], C [N15118-N15145], C [N15149-N15176], C [N15180-N15207], C [N15211-N15238], C [N15242-N15269],  
 C [N15273-N15300], C [N15304-N15331], C [N15335-N15362], C [N15366-N15393], C [N15397-N15424], C [N15428-N15455],  
 C [N15459-N15486], C [N15490-N15517], C [N15521-N15548], C [N15552-N15579], C [N15583-N15610], C [N15614-N15641],  
 C [N15645-N15672], C [N15676-N15703], C [N15707-N15734], C [N15738-N15765], C [N15769-N15796], C [N15800-N15827],  
 C [N15831-N15858], C [N15862-N15889], C [N15893-N15920], C [N15924-N15951], C [N15955-N15982], C [N15986-N16013],  
 C [N16017-N16044], C [N16048-N16075], C [N16079-N16106], C [N16110-N16137], C [N16141-N16168], C [N16172-N16199],  
 C [N16203-N16230], C [N16234-N16261], C [N16265-N16292], C [N16296-N16323], C [N16327-N16354], C [N16358-N16385],  
 C [N16389-N16416], C [N16420-N16447], C [N16451-N16478], C [N16482-N16509], C [N16513-N16540], C [N16544-N16571],  
 C [N16575-N16602], C [N16606-N16633], C [N16637-N16664], C [N16668-N16695], C [N16700-N16727], C [N16731-N16758],  
 C [N16762-N16789], C [N16793-N16820], C [N16824-N16851], C [N16855-N16882], C [N16886-N16913], C [N16917-N16944],  
 C [N16948-N16975], C [N16979-N17006], C [N17010-N17037], C [N17041-N17068], C [N17072-N17099], C [N17103-N17130],  
 C [N17134-N17161], C [N17165-N17192], C [N17196-N17223], C [N17227-N17254], C [N17258-N17285], C [N17289-N17316],  
 C [N17320-N17347], C [N17351-N17378], C [N17382-N17409], C [N17413-N17440], C [N17444-N17471], C [N17475-N17502],  
 C [N17506-N17533], C [N17537-N17564], C [N17568-N17595], C [N17600-N17627], C [N17631-N17658], C [N17662-N17689],  
 C [

# 4. PLIEGO DE CONDICIONES

## 4.1. Disposiciones generales

### 4.1.1 Disposiciones de carácter general

#### 4.1.1.1. Objeto del Pliego de Condiciones

La finalidad de este Pliego es fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en los trabajos definidos en el presente proyecto y servir de base para la realización del contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

#### 4.1.1.2. Contrato de obra

Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. A tal fin, el Director de Obra ofrece la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

#### 4.1.1.3. Documentación del contrato de obra

El contrato de obra lo integran los siguientes documentos, relacionados por orden de prelación atendiendo al valor de sus especificaciones, en el caso de posibles interpretaciones, omisiones o contradicciones:

- Las condiciones fijadas en el contrato de obra.
- El presente Pliego de Condiciones.
- La documentación gráfica y escrita del Proyecto: planos generales y de detalle, memorias, anejos, mediciones y presupuestos.

En el caso de interpretación, prevalecen las especificaciones literales sobre las gráficas y las cotas sobre las medidas a escala tomadas de los planos.

#### 4.1.1.4. Reglamentación urbanística y normativa aplicable

La obra a construir se ajustará a todas las limitaciones del proyecto aprobado por los organismos competentes, especialmente las que se refieren al volumen, alturas, emplazamiento y ocupación del solar, así como a todas las condiciones de reforma del proyecto que pueda exigir la Administración para ajustarlo a las Ordenanzas, a las Normas y al Planeamiento Vigente.

#### 4.1.1.5. Formalización del Contrato de Obra

Los contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes.

El cuerpo de estos documentos contendrá:

- La comunicación de la adjudicación.
  - La copia del recibo de depósito de la fianza (en caso de que se haya exigido).
  - La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el Contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en este Pliego de Condiciones, junto con la Memoria y sus Anejos, el Estado de Mediciones, Presupuestos, Planos y todos los documentos que han de servir de base para la realización de las obras definidas en el presente Proyecto.
-

#### **4.1.1.6. Accidentes de trabajo**

Es de obligado cumplimiento el Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios.

Es responsabilidad del Coordinador de Seguridad y Salud, en virtud del Real Decreto 1627/97, el control y el seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el Contratista.

#### **4.1.1.7. Causas de rescisión del contrato de obra**

Se considerarán causas suficientes de rescisión de contrato:

- a) La muerte o incapacitación del Contratista.
  - b) La quiebra del Contratista.
  - c) Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:
    - a. La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del Director de Obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de Ejecución Material, como consecuencia de estas modificaciones, represente una desviación mayor del 20%.
    - b. Las modificaciones de unidades de obra, siempre que representen variaciones en más o en menos del 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.
  - d) La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año y, en todo caso, siempre que por causas ajenas al Contratista no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación. En este caso, la devolución de la fianza será automática.
  - e) Que el Contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.
  - f) El incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
  - g) El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.
  - h) El abandono de la obra sin causas justificadas.
  - i) La mala fe en la ejecución de la obra.
-

## **4.1.2. Disposiciones relativas a los materiales y trabajos realizados**

### **4.1.2.1 Desbroce y limpieza del terreno**

#### **Características técnicas**

Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm. Incluso transporte de la maquinaria, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.

#### **Normativa de aplicación**

CTE-DB-SE-C. Seguridad estructural: Cimientos. Acondicionamiento del terreno.

#### **Criterio de medición en proyecto**

Superficie medida en proyección horizontal, según documentación gráfica de Proyecto.

#### **Condiciones previas que han de cumplir antes de la ejecución de las unidades de obra**

##### **- Del soporte**

Inspección ocular del terreno. Se comprobará la posible existencia de servidumbres, elementos enterrados, redes de servicio o cualquier tipo de instalaciones que puedan resultar afectadas por las obras a iniciar.

##### **- Del contratista**

Si existieran instalaciones en servicio que pudieran verse afectadas por los trabajos a realizar, solicitará de las correspondientes compañías suministradoras su situación y, en su caso, la solución a adoptar, así como las distancias de seguridad a tendidos aéreos de conducción de energía eléctrica.

#### **Proceso de ejecución**

##### **- Fases de ejecución**

Replanteo en el terreno. Remoción mecánica de los materiales de desbroce. Retirada y disposición mecánica de los materiales objeto de desbroce. Carga mecánica a camión.

##### **- Condiciones de terminación**

La superficie del terreno quedará limpia y en condiciones adecuadas para poder realizar el replanteo definitivo de la obra.

---

### **Criterio de medición en obra y condiciones de abono**

Se medirá, en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.

#### **4.1.2.2. Zapata de cimentación de hormigón armado**

##### **Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra**

Dependiendo de la agresividad del terreno o la presencia de agua con sustancias agresivas, se elegirá el cemento adecuado para la fabricación del hormigón, así como su dosificación y permeabilidad y el espesor de recubrimiento de las armaduras.

##### **Características técnicas**

Formación de zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA- 25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 50 kg/m<sup>3</sup>. Incluso p/p de separadores, y armaduras de espera del pilar.

##### **Normativa de aplicación**

Elaboración, transporte y puesta en obra del hormigón:

-Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

Ejecución:

-CTE. DB SE-C Seguridad estructural: Cimientos.

##### **Criterio de medición en proyecto**

Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.

##### **Condiciones previas que han de cumplir antes de la ejecución de las unidades de obra**

###### **- Del soporte**

Se comprobará la existencia de la capa de hormigón de limpieza, que presentará un plano de apoyo horizontal y una superficie limpia.

###### **- Ambientales**

Se suspenderán los trabajos de hormigonado cuando llueva con intensidad, nieve, exista viento excesivo, una temperatura ambiente superior a 40°C o se prevea que dentro de las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0°C.

#### **- Del contratista**

Dispondrá en obra de una serie de medios, en previsión de que se produzcan cambios bruscos de las condiciones ambientales durante el hormigonado o posterior periodo de fraguado, no pudiendo comenzarse el hormigonado de los diferentes elementos sin la autorización por escrito del Director de Ejecución de la obra.

#### **Proceso de ejecución**

##### **- Fases de ejecución**

Replanteo y trazado de las zapatas y de los pilares u otros elementos estructurales que apoyen en las mismas. Colocación de separadores y fijación de las armaduras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase de cimientos. Curado del hormigón.

##### **- Condiciones de terminación**

El conjunto será monolítico y transmitirá correctamente las cargas al terreno. La superficie quedará sin imperfecciones.

#### **Conservación y mantenimiento**

Se protegerán y señalizarán las armaduras de espera.

#### **Criterio de medición en obra y condiciones de abono**

Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.

#### **4.1.2.3. Viga de atado**

##### **Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra**

Dependiendo de la agresividad del terreno o la presencia de agua con sustancias agresivas, se elegirá el cemento adecuado para la fabricación del hormigón, así como su dosificación y permeabilidad y el espesor de recubrimiento de las armaduras.

##### **Características técnicas**

Formación de viga de hormigón armado para el atado de la cimentación, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 60 kg/m<sup>3</sup>. Incluso p/p de separadores.

##### **Normativa de aplicación**

Elaboración, transporte y puesta en obra del hormigón Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08).

Ejecución CTE. DB SE-C Seguridad estructural: Cimientos.

### **Criterio de medición en proyecto**

Volumen medido sobre las secciones teóricas de la excavación, según documentación gráfica de Proyecto.

### **Condiciones previas que han de cumplir antes de la ejecución de las unidades de obra**

#### **- Del soporte**

Se comprobará la existencia de la capa de hormigón de limpieza, que presentará un plano de apoyo horizontal y una superficie limpia.

#### **- Ambientales**

Se suspenderán los trabajos de hormigonado cuando llueva con intensidad, nieve, exista viento excesivo, una temperatura ambiente superior a 40°C o se prevea que dentro de las 48 horas siguientes pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los 0°C.

#### **- Del contratista**

Dispondrá en obra de una serie de medios, en previsión de que se produzcan cambios bruscos de las condiciones ambientales durante el hormigonado o posterior periodo de fraguado, no pudiendo comenzarse el hormigonado de los diferentes elementos sin la autorización por escrito del Director de Ejecución de la obra.

### **Proceso de ejecución**

#### **- Fases de ejecución**

Colocación de la armadura con separadores homologados. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase. Curado del hormigón.

#### **- Condiciones de terminación**

El conjunto será monolítico y transmitirá correctamente las cargas al terreno.

### **Conservación y mantenimiento**

Se protegerán y señalizarán las armaduras de espera.

### **Criterio de medición en obra y condiciones de abono**

Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.

#### **4.1.2.4. Placa de anclaje con pernos soldados y preparación de bordes Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra**

La zona de soldadura no se pintará. No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

##### **Características técnicas**

Suministro y montaje de placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B 500 S. Trabajado y montado en taller. Incluso p/p de taladro central, preparación de bordes, biselado

alrededor del taladro para mejorar la unión del perno a la cara superior de la placa, soldaduras, cortes, pletinas, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje.

##### **Normativa de aplicación**

-CTE. DB SE-A Seguridad estructural: Acero.

-UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero.

##### **Criterio de medición en proyecto**

Número de unidades previstas, según documentación gráfica de Proyecto.

##### **Condiciones previas que han de cumplir antes de la ejecución de las unidades de obra**

###### **- Ambientales**

No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.

###### **- Del contratista**

Presentará para su aprobación, al Director de Ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

##### **Proceso de ejecución**

###### **- Fases de ejecución**

Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación.

#### **- Condiciones de terminación**

La posición de la placa será correcta y estará ligada con la cimentación. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

#### **Criterio de medición en obra y condiciones de abono**

Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

#### **4.1.2.5. Acero en pilares y vigas**

##### **Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra**

La zona de soldadura no se pintará. No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

##### **Características técnicas**

Suministro y montaje de acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, para pilares, mediante uniones soldadas. Trabajado y montado en taller, con preparación de superficies en grado SA21/2 según UNE-EN ISO 8501-1 y aplicación posterior de dos manos de imprimación con un espesor mínimo de película seca de 30 micras por mano, excepto en la zona en que deban realizarse soldaduras en obra, en una distancia de 100 mm desde el borde de la soldadura. Incluso p/p de preparación de bordes, soldaduras, cortes, piezas especiales, placas de arranque y transición de pilar inferior a superior, mortero sin retracción para retacado de placas, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje, con el mismo grado de preparación de superficies e imprimación.

##### **Normativa de aplicación**

-CTE. DB SE-A Seguridad estructural: Acero.

-UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos Técnicos para la ejecución de estructuras de acero.

##### **Criterio de medición en proyecto**

Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.

##### **Condiciones previas que han de cumplir antes de la ejecución de las unidades de obra**

##### **- Ambientales**

No se realizarán trabajos de soldadura cuando la temperatura sea inferior a 0°C.

---

#### **- Del contratista**

Presentará para su aprobación, al Director de Ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto, así como la documentación que acredite que los soldadores que intervengan en su ejecución estén certificados por un organismo acreditado.

#### **Proceso de ejecución**

##### **- Fases de ejecución**

Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional del pilar. Aplomado y nivelación. Ejecución de las uniones. Reparación de defectos superficiales.

##### **- Condiciones de terminación**

Las cargas se transmitirán correctamente a la estructura. El acabado superficial será el adecuado para el posterior tratamiento de protección.

#### **Criterio de medición en obra y condiciones de abono**

Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

#### **4.1.2.6. Acero en correas metálicas**

##### **Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra**

No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

##### **Características técnicas**

Suministro y montaje de acero galvanizado UNE-EN 10025 S235JRC, en perfiles conformados en frío, piezas simples de las series C o Z, para formación de correas sobre las que se apoyará la chapa o panel que actuará como cubierta (no incluida en este precio), y quedarán fijadas a las cerchas mediante tornillos normalizados. Incluso p/p de accesorios y elementos de anclaje.

##### **Normativa de aplicación**

-CTE. DB SE-A Seguridad estructural: Acero.

-UNE-EN 1090-2. Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero.

#### **Criterio de medición en proyecto**

---

---

Peso nominal medido según documentación gráfica de Proyecto.

### **Condiciones previas que han de cumplir antes de la ejecución de las unidades de obra**

#### **- Del contratista**

Presentará para su aprobación, al Director de Ejecución de la obra, el programa de montaje de la estructura, basado en las indicaciones del Proyecto.

#### **Proceso de ejecución**

##### **- Fases de ejecución**

Replanteo de las correas sobre las cerchas. Presentación de las correas sobre las cerchas. Aplomado y nivelación definitivos. Resolución de sus fijaciones a las cerchas.

##### **- Condiciones de terminación**

Las cargas se transmitirán correctamente a la estructura.

### **Conservación y mantenimiento**

Se evitará la actuación sobre el elemento de acciones mecánicas no previstas en el cálculo.

### **Criterio de medición en obra y condiciones de abono**

Se determinará, a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.

#### **4.1.2.7. Cubierta de placas de policarbonato**

##### **Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra**

No se pondrá en contacto directo el acero con otros metales ni con yesos.

##### **Características técnicas**

Suministro y montaje de cobertura de con placas translúcidas planas de policarbonato, PC Celular "ONDULINE", con una transmisión de luminosidad del 90%, fijadas mecánicamente a cualquier tipo de correa estructural (no incluida en este precio). Incluso p/p de elementos de fijación, accesorios, juntas, remates perimetrales y otras piezas de remate para la resolución de puntos singulares.

##### **Normativa de aplicación**

CTE. DB-HS Salubridad.

---

---

### **Criterio de medición en proyecto**

Superficie medida en verdadera magnitud, según documentación gráfica de Proyecto.

### **Condiciones previas que han de cumplir antes de la ejecución de las unidades de obra**

#### **- Del soporte**

La naturaleza del soporte permitirá el anclaje mecánico de las placas, y su dimensionamiento garantizará la estabilidad, con flecha mínima, del conjunto.

#### **- Ambientales**

Se suspenderán los trabajos cuando la temperatura ambiente sea inferior a 1°C, llueva, nieve o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h.

### **Proceso de ejecución**

#### **- Fases de ejecución**

Replanteo de las placas por faldón. Corte, preparación y colocación de las placas. Ejecución de juntas y perímetro. Fijación mecánica de las placas. Resolución de puntos singulares con piezas de remate.- Condiciones de terminación

#### **- Condiciones de terminación**

Serán básicas las condiciones de estanqueidad y el mantenimiento de la integridad de la cobertura frente a la acción del viento.

### **Conservación y mantenimiento**

Se evitará la actuación sobre el elemento de acciones mecánicas no previstas en el cálculo.

### **Criterio de medición en obra y condiciones de abono**

Se medirá, en verdadera magnitud, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.

## 4.2. Disposiciones facultativas

### 4.2.1. Definición, atribuciones y obligaciones de los agentes de la edificación

Las atribuciones de los distintos agentes intervinientes en la edificación son las reguladas por la Ley 38/99 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.).

Se definen agentes de la edificación todas las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación. Sus obligaciones quedan determinadas por lo dispuesto en la L.O.E. y demás disposiciones que sean de aplicación y por el contrato que origina su intervención.

Las definiciones y funciones de los agentes que intervienen en la edificación quedan recogidas en el capítulo III "Agentes de la edificación", considerándose:

#### 4.2.1.1. El Promotor

Persona física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente decide, impulsa, programa y financia con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

##### Obligaciones

- Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.
  - Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al Director de Obra, al Director de la Ejecución de la Obra y al Contratista posteriores modificaciones del mismo que fueran imprescindibles para llevar a buen fin lo proyectado.
  - Elegir y contratar a los distintos agentes, con la titulación y capacitación profesional necesaria, que garanticen el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para realizar en su globalidad y llevar a buen fin el objeto de lo promovido, en los plazos estipulados y en las condiciones de calidad exigibles mediante el cumplimiento de los requisitos básicos estipulados para los edificios.
  - Gestionar y hacerse cargo de las preceptivas licencias y demás autorizaciones administrativas procedentes que, de conformidad con la normativa aplicable, conlleva la construcción de edificios, la urbanización que procediera en su entorno inmediato, la realización de obras que en ellos se ejecuten y su ocupación.
  - Garantizar los daños materiales que el edificio pueda sufrir, para la adecuada protección de los intereses de los usuarios finales, en las condiciones legalmente establecidas, asumiendo la responsabilidad civil de forma personal e individualizada, tanto por actos propios como por actos de otros agentes por los que, con arreglo a la legislación vigente, se deba responder.
-

- La suscripción obligatoria de un seguro, de acuerdo a las normas concretas fijadas al efecto, que cubra los daños materiales que ocasionen en el edificio el incumplimiento de las condiciones de habitabilidad en tres años o que afecten a la seguridad estructural en el plazo de diez años, con especial mención a las viviendas individuales en régimen de autopromoción, que se regirán por lo especialmente legislado al efecto.
- Contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico, en su caso, al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el R.D. 1627/97, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Suscribir el acta de recepción final de las obras, una vez concluidas éstas, haciendo constar la aceptación de las obras, que podrá efectuarse con o sin reservas y que deberá abarcar la totalidad de las obras o fases completas. En el caso de hacer mención expresa a reservas para la recepción, deberán mencionarse de manera detallada las deficiencias y se deberá hacer constar el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.

#### **4.2.1.2. El Projectista**

Agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Podrá redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste.

##### Obligaciones

- Redactar el proyecto por encargo del Promotor, con sujeción a la normativa urbanística y técnica en vigor y conteniendo la documentación necesaria para tramitar tanto la licencia de obras y demás permisos administrativos -proyecto básico- como para ser interpretada y poder ejecutar totalmente la obra, entregando al Promotor las copias autorizadas correspondientes, debidamente visadas por su colegio profesional.
  - Definir el concepto global del proyecto de ejecución con el nivel de detalle gráfico y escrito suficiente y calcular los elementos fundamentales del edificio, en especial la cimentación y la estructura. Concretar en el Proyecto el emplazamiento de cuartos de máquinas, de contadores, hornacinas, espacios asignados para subida de conductos, reservas de huecos de ventilación, alojamiento de sistemas de telecomunicación y, en general, de aquellos elementos necesarios en el edificio para facilitar las determinaciones concretas y especificaciones detalladas que son cometido de los proyectos parciales, debiendo éstos adaptarse al Proyecto de Ejecución, no pudiendo contravenirlo en modo alguno. Deberá entregarse necesariamente un ejemplar del proyecto complementario al Arquitecto antes del inicio de las obras o instalaciones correspondientes.
  - Acordar con el Promotor la contratación de colaboraciones parciales de otros técnicos profesionales.
-

- Facilitar la colaboración necesaria para que se produzca la adecuada coordinación con los proyectos parciales exigibles por la legislación o la normativa vigente y que sea necesario incluir para el desarrollo adecuado del proceso edificatorio, que deberán ser redactados por técnicos competentes, bajo su responsabilidad y suscritos por persona física. Los proyectos parciales serán aquellos redactados por otros técnicos cuya competencia puede ser distinta e incompatible con las competencias del Arquitecto y, por tanto, de exclusiva responsabilidad de éstos.
- Elaborar aquellos proyectos parciales o estudios complementarios exigidos por la legislación vigente en los que es legalmente competente para su redacción, excepto declinación expresa del Arquitecto y previo acuerdo con el Promotor, pudiendo exigir la compensación económica en concepto de cesión de derechos de autor y de la propiedad intelectual si se tuviera que entregar a otros técnicos, igualmente competentes para realizar el trabajo, documentos o planos del proyecto por él redactado, en soporte papel o informático.
- Ostentar la propiedad intelectual de su trabajo, tanto de la documentación escrita como de los cálculos de cualquier tipo, así como de los planos contenidos en la totalidad del proyecto y cualquiera de sus documentos complementarios.

#### **4.2.1.3. El Constructor o Contratista**

Agente que asume, contractualmente ante el Promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al Contrato de obra.

##### Obligaciones

- Tener la capacitación profesional o titulación que habilita para el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para actuar como constructor.
  - Organizar los trabajos de construcción para cumplir con los plazos previstos, de acuerdo al correspondiente Plan de Obra, efectuando las instalaciones provisionales y disponiendo de los medios auxiliares necesarios.
  - Elaborar, y exigir de cada subcontratista, un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio o estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dichos planes se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención propuestas, con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico.
  - Comunicar a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el artículo 7 del RD 1627/97 de 24 de octubre.
  - Adoptar todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al
-

cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, así como cumplir las órdenes efectuadas por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en la fase de Ejecución de la obra.

- Supervisar de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.

- Examinar la documentación aportada por los técnicos redactores correspondientes, tanto del Proyecto de Ejecución como de los proyectos complementarios, así como del Estudio de Seguridad y Salud, verificando que le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitando las aclaraciones pertinentes.

- Facilitar la labor de la Dirección Facultativa, suscribiendo el Acta de Replanteo, ejecutando las obras con sujeción al Proyecto de Ejecución que deberá haber examinado previamente, a la legislación aplicable, a las Instrucciones del Arquitecto Director de Obra y del Director de la Ejecución Material de la Obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.

- Efectuar las obras siguiendo los criterios al uso que son propios de la correcta construcción, que tiene la obligación de conocer y poner en práctica, así como de las leyes generales de los materiales, aun cuando estos criterios no estuvieran específicamente reseñados en su totalidad en la documentación de proyecto. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las tareas de los subcontratistas.

- Disponer de los medios materiales y humanos que la naturaleza y entidad de la obra impongan, disponiendo del número adecuado de oficiales, suboficiales y peones que la obra requiera en cada momento, bien por personal propio o mediante subcontratistas al efecto, procediendo a solapar aquellos oficios en la obra que sean compatibles entre sí y que permitan acometer distintos trabajos a la vez sin provocar interferencias, contribuyendo con ello a la agilización y finalización de la obra dentro de los plazos previstos.

- Ordenar y disponer en cada momento de personal suficiente a su cargo para que efectúe las actuaciones pertinentes para ejecutar las obras con solvencia, diligentemente y sin interrupción, programándolas de manera coordinada con el Director de Ejecución Material de la Obra.

- Supervisar personalmente y de manera continuada y completa la marcha de las obras, que deberán transcurrir sin dilación y con adecuado orden y concierto, así como responder directamente de los trabajos efectuados por sus trabajadores subordinados, exigiéndoles el continuo autocontrol de los trabajos que efectúen, y ordenando la modificación de todas aquellas tareas que se presenten mal efectuadas.

- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales utilizados y elementos constructivos, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia

o por prescripción facultativa del Director de la Ejecución de la obra, los suministros de material o prefabricados que no cuenten con las garantías, documentación mínima exigible o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación, debiendo recabar de la Dirección Facultativa la información que necesite para cumplir adecuadamente su cometido.

- Dotar de material, maquinaria y utillajes adecuados a los operarios que intervengan en la obra, para efectuar adecuadamente las instalaciones necesarias y no menoscabar con la puesta en obra las características y naturaleza de los elementos constructivos que componen el edificio una vez finalizado.
- Poner a disposición del proyecto los medios auxiliares y personal necesario para efectuar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad.
- Auxiliar al Director de la Ejecución de la Obra en los actos de replanteo y firmar posteriormente y una vez finalizado éste, el acta correspondiente de inicio de obra, así como la de recepción final.
- Facilitar a los Directores de Obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación final de obra ejecutada.
- Suscribir las garantías de obra que se señalan en el Artículo 19 de la Ley de Ordenación de la Edificación y que, en función de su naturaleza, alcanzan períodos de 1 año (daños por defectos de terminación o acabado de las obras), 3 años (daños por defectos o vicios de elementos constructivos o de instalaciones que afecten a la habitabilidad) o 10 años (daños en cimentación o estructura que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio).

#### **4.2.1.4. El Director de Obra**

Agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas, y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Podrán dirigir las obras de los proyectos parciales otros técnicos, bajo la coordinación del Director de Obra.

##### Obligaciones

- Dirigir la obra coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética a los agentes intervinientes en el proceso constructivo.
  - Detener la obra por causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Órdenes y Asistencias, dando cuenta inmediata al Promotor.
  - Redactar las modificaciones, ajustes, rectificaciones o planos complementarios que se precisen para el adecuado desarrollo de las obras. Es facultad expresa y única la
-

redacción de aquellas modificaciones o aclaraciones directamente relacionadas con la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectadas a las características geotécnicas del terreno; el cálculo o recálculo del dimensionado y armado de todos y cada uno de los elementos principales y complementarios de la cimentación y de la estructura vertical y horizontal; los que afecten sustancialmente a la distribución de espacios y las soluciones de fachada y cubierta y dimensionado y composición de huecos, así como la modificación de los materiales previstos.

- Asesorar al Director de la Ejecución de la Obra en aquellas aclaraciones y dudas que pudieran acontecer para el correcto desarrollo de la misma, en lo que respecta a las interpretaciones de las especificaciones de proyecto.

- Asistir a las obras a fin de resolver las contingencias que se produzcan para asegurar la correcta interpretación y ejecución del proyecto, así como impartir las soluciones aclaratorias que fueran necesarias, consignando en el Libro de Ordenes y Asistencias las instrucciones precisas que se estimara oportunas reseñar para la correcta interpretación de lo proyectado, sin perjuicio de efectuar todas las aclaraciones y órdenes verbales que estimare oportuno.

- Firmar el Acta de replanteo o de comienzo de obra y el Certificado Final de Obra, así como firmar el visto bueno de las certificaciones parciales referidas al porcentaje de obra efectuada y, en su caso y a instancias del Promotor, la supervisión de la documentación que se le presente relativa a las unidades de obra realmente ejecutadas previa a su liquidación final, todo ello con los visados que en su caso fueran preceptivos.

- Informar puntualmente al Promotor de aquellas modificaciones sustanciales que, por razones técnicas o normativas, conlleven una variación de lo construido con respecto al proyecto básico y de ejecución y que afecten o puedan afectar al contrato suscrito entre el promotor y los destinatarios finales de las viviendas.

- Redactar la documentación final de obra, en lo que respecta a la documentación gráfica y escrita del proyecto ejecutado, incorporando las modificaciones efectuadas.

- Al Proyecto Final de Obra se anejará el Acta de Recepción Final; la relación identificativa de los agentes que han intervenido en el proceso de edificación, incluidos todos los subcontratistas y oficios intervinientes; las instrucciones de Uso y Mantenimiento del Edificio y de sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

- Además de todas las facultades que corresponden al Director de Obra, expresadas en los artículos precedentes, es misión específica suya la dirección mediata, denominada alta dirección en lo que al cumplimiento de las directrices generales del proyecto se refiere, y a la adecuación de lo construido a éste.

#### **4.2.1.5. Laboratorios y entidades de control de calidad de la edificación**

Son entidades de control de calidad de la edificación aquéllas capacitadas para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los

---

materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.

Son laboratorios de ensayos para el control de calidad de la edificación los capacitados para prestar asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación.

#### Obligaciones

- Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, al director de la ejecución de las obras.
- Justificar la capacidad suficiente de medios materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente los trabajos contratados, en su caso, a través de la correspondiente acreditación oficial otorgada por las Comunidades Autónomas con competencia en la materia.

#### **4.2.1.6. Los suministradores de productos**

Se consideran suministradores de productos los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción.

Se entiende por producto de construcción aquel que se fabrica para su incorporación permanente en una obra, incluyendo materiales, elementos semielaborados, componentes y obras o parte de las mismas, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

#### Obligaciones

- Realizar las entregas de los productos de acuerdo con las especificaciones del pedido, respondiendo de su origen, identidad y calidad, así como del cumplimiento de las exigencias que, en su caso, establezca la normativa técnica aplicable.
- Facilitar, cuando proceda, las instrucciones de uso y mantenimiento de los productos suministrados, así como las garantías de calidad correspondientes, para su inclusión en la documentación de la obra ejecutada.

## 4.3. Disposiciones económicas

Las condiciones económicas fijan el marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra. Tienen un carácter subsidiario respecto al contrato de obra, establecido entre las partes que intervienen, Promotor y Contratista, que es en definitiva el que tiene validez.

### 4.3.1. Contrato de obra

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el Promotor y el Contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la Dirección Facultativa se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar en los términos pactados.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la Dirección Facultativa pueda, de hecho, COORDINAR, DIRIGIR y CONTROLAR la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, los siguientes puntos:

- Documentos a aportar por el Contratista.
- Condiciones de ocupación del solar e inicio de las obras.
- Determinación de los gastos de enganches y consumos.
- Responsabilidades y obligaciones del Contratista: Legislación laboral.
- Responsabilidades y obligaciones del Promotor.
- Presupuesto del Contratista.
- Revisión de precios (en su caso).
- Forma de pago: Certificaciones.
- Retenciones en concepto de garantía (nunca menos del 5%).
- Plazos de ejecución: Planning.
- Retraso de la obra: Penalizaciones.
- Recepción de la obra: Provisional y definitiva.
- Litigio entre las partes.

### 4.3.2. Criterio general

Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción, definidos en la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación (L.O.E.), tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas, pudiendo exigirse recíprocamente las garantías suficientes para el cumplimiento diligente de sus obligaciones de pago.

### 4.3.3. Fianzas

El Contratista presentará una fianza con arreglo al procedimiento que se estipule en el contrato de obra:

---

#### **4.3.3.1. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza**

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Director de Obra, en nombre y representación del Promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

#### **4.3.3.2. Devolución de las fianzas**

La fianza recibida será devuelta al Contratista en un plazo establecido en el contrato de obra, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El Promotor podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros y subcontratos.

#### **4.3.3.3. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales**

Si el Promotor, con la conformidad del Director de Obra, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

#### **4.3.4. Presupuesto y precios**

El objetivo principal de la elaboración del presupuesto es anticipar el coste del proceso de construir la obra. Se descompone el presupuesto en unidades de obra, componente menor que se contrata y certifica por separado, y basándonos en esos precios, se calcula el presupuesto.

##### **4.3.4.1. Precio básico**

Es el precio por unidad (ud, m, kg, etc.) de un material dispuesto a pie de obra o el precio por hora de la maquinaria y de la mano de obra.

##### **4.3.4.2. Precio unitario**

Es el precio de una unidad de obra que obtendremos como suma de los siguientes costes:

- Costes directos: calculados como suma de los productos "precio básico x cantidad" de la mano de obra, maquinaria y materiales que intervienen en la ejecución de la unidad de obra.
  - Medios auxiliares: Costes directos complementarios, calculados en forma porcentual como porcentaje de otros componentes, debido a que representan los costes directos que intervienen en la ejecución de la unidad de obra y que son de difícil cuantificación. Son diferentes para cada unidad de obra.
  - Costes indirectos: aplicados como un porcentaje de la suma de los costes directos y medios auxiliares, igual para cada unidad de obra debido a que representan los costes de los factores necesarios para la ejecución de la obra que no se corresponden a ninguna unidad de obra en concreto.
-

#### **4.3.4.3. Presupuesto de Ejecución Material**

Es el resultado de la suma de los precios unitarios de las diferentes unidades de obra que la componen.

Se denomina Presupuesto de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario y de las partidas alzadas. Es decir, el coste de la obra sin incluir los gastos generales, el beneficio industrial y el impuesto sobre el valor añadido.

#### **4.3.4.4. Reclamación de aumento de precios**

Si el Contratista, antes de la firma del contrato de obra, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

#### **4.3.4.5. Aplicación de precios**

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres locales respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas. Se estará a lo previsto en el Presupuesto y en el criterio de medición en obra recogido en el Pliego.

#### **4.3.4.6. De la revisión de los precios contratados**

El presupuesto presentado por el Contratista se entiende que es cerrado, por lo que no se aplicará revisión de precios.

Sólo se procederá a efectuar revisión de precios cuando haya quedado explícitamente determinado en el contrato de obra entre el Promotor y el Contratista.

#### **4.3.4.7. Acopio de materiales**

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que el Promotor ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario, son de la exclusiva propiedad de éste, siendo el Contratista responsable de su guarda y conservación.

### **4.3.5. Valoración y abonos de los trabajos**

#### **4.3.5.1. Forma y plazos de abono de las obras**

Se realizará por certificaciones de obra y se recogerán las condiciones en el contrato de obra establecido entre las partes que intervienen (Promotor y Contratista) que, en definitiva, es el que tiene validez.

Los pagos se efectuarán por la propiedad en los plazos previamente establecidos en el contrato de obra, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de la obra conformadas por el Director de Ejecución de la Obra, en virtud de las cuáles se verifican aquéllos.

El Director de Ejecución de la Obra realizará, en la forma y condiciones que establezca el criterio de medición en obra incorporado en las Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra, la medición de las unidades de obra ejecutadas durante el período de tiempo anterior, pudiendo el Contratista presenciar la realización de tales mediciones.

Para las obras o partes de obra que, por sus dimensiones y características, hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, el contratista está obligado a avisar al Director de Ejecución de la Obra con la suficiente antelación, a fin de que éste pueda realizar las correspondientes mediciones y toma de datos, levantando los planos que las definan, cuya conformidad suscribirá el Contratista.

A falta de aviso anticipado, cuya existencia corresponde probar al Contratista, queda éste obligado a aceptar las decisiones del Promotor sobre el particular.

#### **4.3.5.2. Relaciones valoradas y certificaciones**

En los plazos fijados en el contrato de obra entre el Promotor y el Contratista, éste último formulará una relación valorada de las obras ejecutadas durante las fechas previstas, según la medición practicada por el Director de Ejecución de la Obra.

Las certificaciones de obra serán el resultado de aplicar, a la cantidad de obra realmente ejecutada, los precios contratados de las unidades de obra. Sin embargo, los excesos de obra realizada en unidades, tales como excavaciones y hormigones, que sean imputables al Contratista, no serán objeto de certificación alguna.

Los pagos se efectuarán por el Promotor en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra, conformadas por la Dirección Facultativa. Tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la Liquidación Final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones parciales la aceptación, la aprobación, ni la recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. Si la Dirección Facultativa lo exigiera, las certificaciones se extenderán a origen.

#### **4.3.5.3. Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía**

Efectuada la recepción provisional, y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo, y el Director de obra exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en el presente Pliego de Condiciones, sin estar sujetos a revisión de precios.
  - Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el Promotor, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.
-

- Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

#### **4.3.6. Indemnizaciones**

##### **4.3.6.1. Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras**

Si, por causas imputables al Contratista, las obras sufrieran un retraso en su finalización con relación al plazo de ejecución previsto, el Promotor podrá imponer al Contratista, con cargo a la última certificación, las penalizaciones establecidas en el contrato, que nunca serán inferiores al perjuicio que pudiera causar el retraso de la obra.

##### **4.3.6.2. Demora de los pagos por parte del Promotor**

Se regulará en el contrato de obra las condiciones a cumplir por parte de ambos.

#### **4.3.7. Varios**

##### **4.3.7.1. Unidades de obra defectuosas**

Las obras defectuosas no se valorarán.

##### **4.3.7.2. Seguro de las obras**

El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

##### **4.3.7.3. Conservación de la obra**

El Contratista está obligado a conservar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva

##### **4.3.7.4. Uso por el Contratista de edificio o bienes del Promotor**

No podrá el Contratista hacer uso de edificio o bienes del Promotor durante la ejecución de las obras sin el consentimiento del mismo.

Al abandonar el Contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como por resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que se estipule en el contrato de obra.

#### **4.3.8. Retenciones en concepto de garantía**

Del importe total de las certificaciones se descontará un porcentaje, que se retendrá en concepto de garantía. Este valor no deberá ser nunca menor del cinco por cien (5%) y responderá de los trabajos mal ejecutados y de los perjuicios que puedan ocasionarle al Promotor.

Esta retención en concepto de garantía quedará en poder del Promotor durante el tiempo designado como PERIODO DE GARANTÍA, pudiendo ser dicha retención, "en metálico" o mediante un aval bancario que garantice el importe total de la retención.

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el Director de Obra, en representación del Promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

La fianza retenida en concepto de garantía será devuelta al Contratista en el plazo estipulado en el contrato, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas atribuibles a la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros o subcontratos.

#### **4.3.9. Plazos de ejecución**

En el contrato de obra deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales. Además, será conveniente adjuntar al respectivo contrato un Planning de la ejecución de la obra donde figuren de forma gráfica y detallada la duración de las distintas partidas de obra que deberán conformar las partes contratantes.

#### **4.3.10. Liquidación económica de las obras**

Simultáneamente al libramiento de la última certificación, se procederá al otorgamiento del Acta de Liquidación Económica de las obras, que deberán firmar el Promotor y el Contratista. En este acto se dará por terminada la obra y se entregarán, en su caso, las llaves, los correspondientes boletines debidamente cumplimentados de acuerdo a la Normativa Vigente, así como los proyectos Técnicos y permisos de las instalaciones contratadas.

Dicha Acta de Liquidación Económica servirá de Acta de Recepción Provisional de las obras, para lo cual será conformada por el Promotor, el Contratista, el Director de Obra y el Director de Ejecución de la Obra, quedando desde dicho momento la conservación y custodia de las mismas a cargo del Promotor.

La citada recepción de las obras, provisional y definitiva, queda regulada según se describe en las Disposiciones Generales del presente Pliego.

#### **4.3.11. Liquidación final de la obra**

Entre el Promotor y Contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la Dirección de Obra. Si la liquidación se realizara sin el visto bueno de la Dirección de Obra, ésta sólo mediará, en caso de desavenencia o desacuerdo, en el recurso ante los Tribunales.

# 5. PRESUPUESTO

## 5.1 Demoliciones y movimientos de tierras

<b>1. Demoliciones y movimientos de tierras</b>		
<b>1.1. Demolicion murete</b>		
<b>Descripción</b>		
Demolición del muro de fábrica con medios manuales, asegurando que las zonas a demoler habrán sido identificadas y marcadas y que el elemento objeto de la demolición no estará sometido a la acción de cargas o empujes de tierras. Fragmentación de los escombros en piezas manejables, retirada y acopio de escombros, limpieza de los restos de obra y carga manual de escombros sobre camión o contenedor. Se medirá la superficie demolida según especificaciones de Proyecto.		
<b>Medición (m2)</b>	<b>Precio (€/m2)</b>	<b>Importe (€)</b>
22,22	39,49	877,29
<b>1.2. Demolicion estructura metalica</b>		
<b>Descripción</b>		
Demolición de pilares y vigas metálicas, formadas por piezas simples de perfil de acero laminado IPE 100 o similar, de más de 3 m de longitud media, con equipo de oxicorte. Incluso p/p de limpieza, acopio, retirada y carga manual de escombros sobre camión o contenedor. Las zonas a demoler habrán sido identificadas y marcadas. El elemento objeto de la demolición no estará sometido a la acción de cargas o momentos. Se medirá la longitud realmente desmontada según especificaciones de Proyecto.		
<b>Medición (m)</b>	<b>Precio (€/m)</b>	<b>Importe (€)</b>
82,00	13,32	1092,24
<b>1.3. Retirada pavimento</b>		
<b>Descripción</b>		
Demolición del pavimento exterior de baldosas de piedra con martillo neumático. Fragmentación de los escombros en piezas manejables. Retirada y acopio de escombros. Limpieza de los restos de obra. Carga manual de escombros sobre camión o contenedor. Se medirá la superficie realmente demolida según especificaciones de Proyecto.		
<b>Medición (m2)</b>	<b>Precio (€/m)</b>	<b>Importe (€)</b>
364,00	7,60	2766,40
<b>1.4. Desbroce</b>		
<b>Descripción</b>		
Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: pequeñas plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínima 25 cm. Incluye: Replanteo en el terreno. Remoción mecánica de los materiales de desbroce. Retirada y disposición mecánica de los materiales objeto de desbroce. Carga mecánica a camión. No incluye transporte a vertedero autorizado. Criterio de medición de obra: Se medirá, en proyección horizontal, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.		
<b>Medición (m)</b>	<b>Precio (€/m)</b>	<b>Importe (€)</b>
364	0,83	302,12
<b>Total Demoliciones y movimientos de tierras</b>		<b>5.038,05 €</b>

## 5.2. Cimentación superficial

<b>2. Cimentación superficial</b>		
<b>2.1. Zapatas</b>		
<b>Descripción</b>		
<p>Formación de zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 50 kg/m<sup>3</sup>, sin incluir el encofrado en este precio. Elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, separadores, armaduras de espera del pilar y curado del hormigón.</p> <p>Incluye: Replanteo y trazado de las zapatas y de los pilares u otros elementos estructurales que apoyen en las mismas, fijación de las armaduras. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase de cimientos. Curado del hormigón.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.</p>		
<b>Medición (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Precio (€/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Importe (€)</b>
74,76	144,40	10.795,34 €
<b>2.2. Vigas de atado</b>		
<b>Descripción</b>		
<p>Formación de viga de atado de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 60 kg/m<sup>3</sup>, sin incluir el encofrado en este precio. Elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, separadores, y curado del hormigón.</p> <p>Incluye: Colocación de la armadura con separadores homologados. Vertido y compactación del hormigón. Coronación y enrase. Curado del hormigón.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el volumen teórico ejecutado según especificaciones de Proyecto, sin incluir los incrementos por excesos de excavación no autorizados.</p>		
<b>Medición (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Precio (€/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Importe (€)</b>
13,26	153,40	2.034,08 €
<b>Total Cimentación superficial</b>		<b>12.829,43 €</b>

### 5.3. Estructura metálica

<b>3. Estructura metálica</b>		
<b>3.1. Pilares</b>		
<b>Descripción</b>		
<p>Acero S275JR en pilares, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas. Incluye: Perfilería, imprimación de secado rápido, formulada con base de zinc, esmalte de color a elección del cliente con protección UV y a inclemencias meteorológicas, oficial 1ª montador de estructura metálica, ayudante montador de estructura metálica y equipo de soldadura. Medición a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>		
<b>Medición (kg)</b>	<b>Precio (€/kg)</b>	<b>Importe (€)</b>
5771,01	1,83	10.560,95 €
<b>3.2. Vigas</b>		
<b>Descripción</b>		
<p>Acero S275JR en vigas, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas. Incluye: Perfilería, imprimación de secado rápido, formulada con base de zinc, esmalte de color a elección del cliente con protección UV y a inclemencias meteorológicas, oficial 1ª montador de estructura metálica, ayudante montador de estructura metálica y equipo de soldadura. Medición a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>		
<b>Medición (kg)</b>	<b>Precio (€/kg)</b>	<b>Importe (€)</b>
4961,04	1,83	9.078,70 €
<b>3.3. Arriostramiento</b>		
<b>Descripción</b>		
<p>Acero S275JR en sistemas de arriostramiento, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas. Incluye: Perfilería, imprimación de secado rápido, formulada con base de zinc, esmalte de color a elección del cliente con protección UV y a inclemencias meteorológicas, oficial 1ª montador de estructura metálica, ayudante montador de estructura metálica y equipo de soldadura. Medición a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>		
<b>Medición (kg)</b>	<b>Precio (€/kg)</b>	<b>Importe (€)</b>
1818,67	1,97	3.582,78 €
<b>3.4. Placas de anclaje pilares hastiales (HEB 120)</b>		
<b>Descripción</b>		
<p>Suministro y montaje de placa de anclaje de acero S275JR en perfil laminado en caliente, con rigidizadores, de 300x300 mm y espesor 15 mm, con 6 pernos soldados, de acero corrugado B 500 S de 16 mm de diámetro y 35 cm de longitud. Trabajado y montado en taller, preparado de bordes, soldaduras, cortes, pletinas, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación. Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>		
<b>Medición (uds)</b>	<b>Precio (ud)</b>	<b>Importe (€)</b>
4	37,80	151,20 €

<b>3.5. Placas de anclaje pilares de esquina pórticos de fachada (HEB 120)</b>		
<b>Descripción</b>		
<p>Suministro y montaje de placa de anclaje de acero S275JR en perfil laminado en caliente, con rigidizadores, de 300x300 mm y espesor 15 mm, con 6 pernos soldados, de acero corrugado B 500 S de 20 mm de diámetro y 30 cm de longitud. Trabajado y montado en taller, preparado de bordes, soldaduras, cortes, pletinas, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>		
<b>Medición (uds)</b>	<b>Precio (€/ud)</b>	<b>Importe (€)</b>
8	31,22	249,76 €
<b>3.6. Placas de anclaje pilares pórticos interiores (HEB 200)</b>		
<p>Suministro y montaje de placa de anclaje de acero S275JR en perfil laminado en caliente, con rigidizadores, de 300x300 mm y espesor 18 mm, con 8 pernos soldados, de acero corrugado B 500 S de 16 mm de diámetro y 40 cm de longitud. Trabajado y montado en taller, preparado de bordes, soldaduras, cortes, pletinas, piezas especiales, despuntes y reparación en obra de cuantos desperfectos se originen por razones de transporte, manipulación o montaje. Incluye: Limpieza y preparación del plano de apoyo. Replanteo y marcado de los ejes. Colocación y fijación provisional de la placa. Aplomado y nivelación.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.</p>		
<b>Medición (uds)</b>	<b>Precio (€/ud)</b>	<b>Importe (€)</b>
10	70,18	701,80 €
<b>Total Cimentación superficial</b>		<b>24.325,19 €</b>

## 5.4. Cubierta

<b>4. Cubierta</b>		
<b>4.1. Correas cubierta (CF200x2)</b>		
<b>Descripción</b>		
Acero S235JRC en correas metálicas, con piezas simples de perfiles conformados en frío de las series C o Z, galvanizado y colocado en obra con tornillos, con límite elástico 235 N/mm <sup>2</sup> , carga de rotura mínima 360 N/mm <sup>2</sup> , incluso accesorios, tornillería y elementos de anclaje. Incluye: oficial 1ª montador de estructura metálica, ayudante montador de estructura metálica. Medición a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.		
<b>Medición (kg)</b>	<b>Precio (€/kg)</b>	<b>Importe (€)</b>
3934,92	1,93	7.594,40 €
<b>4.2. Correas laterales (CF200x2)</b>		
<b>Descripción</b>		
Acero S235JRC en correas metálicas, con piezas simples de perfiles conformados en frío de las series C o Z, galvanizado y colocado en obra con tornillos, con límite elástico 235 N/mm <sup>2</sup> , carga de rotura mínima 360 N/mm <sup>2</sup> , incluso accesorios, tornillería y elementos de anclaje. Incluye: oficial 1ª montador de estructura metálica, ayudante montador de estructura metálica. Medición a partir del peso obtenido en báscula oficial de las unidades llegadas a obra, el peso de las unidades realmente ejecutadas según especificaciones de Proyecto.		
<b>Medición (kg)</b>	<b>Precio (€/kg)</b>	<b>Importe (€)</b>
2146,32	1,93	4.142,40 €
<b>4.3. Placas policarbonato celular (16mm)</b>		
<b>Descripción</b>		
Placas alveolares de policarbonato celular incolora y 16 mm de espesor. Perfilería universal de aluminio, con gomas de neopreno, para cierres de juntas entre placas de policarbonato celular en lucernarios. Incluye: oficial 1ª montador, ayudante montador. Se medirá, en verdadera magnitud, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.		
<b>Medición (m2)</b>	<b>Precio (€/m2)</b>	<b>Importe (€)</b>
689,7	17,46	12.042,16 €
<b>4.4. Placas policarbonato celular (5mm)</b>		
<b>Descripción</b>		
Placas alveolares de policarbonato celular incolora y 16 mm de espesor. Perfilería universal de aluminio, con gomas de neopreno, para cierres de juntas entre placas de policarbonato celular en lucernarios. Incluye: oficial 1ª montador, ayudante montador. Se medirá, en verdadera magnitud, la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.		
<b>Medición (m2)</b>	<b>Precio (€/kg)</b>	<b>Importe (€)</b>
666	23,57	15.697,62 €
<b>Total Cubierta</b>		<b>39.476,58 €</b>

## 5.5. Proyecto y permisos

<b>5. Proyecto y permisos</b>		
<b>5.1. Coste del proyecto</b>		
<b>Descripción</b>		
Estudio paramétrico, diseño y cálculo de la cubierta. Incluye trabajo de ingeniero industrial		
<b>Medición (h)</b>	<b>Precio (€/h)</b>	<b>Importe (€)</b>
135	35,00	4.725,00 €
<b>5.2 Permisos de obra</b>		
<b>Descripción</b>		
Se estima entorno al 2% del presupuesto de la obra.		
<b>Medición (%)</b>	<b>Precio obra (€)</b>	<b>Importe (€)</b>
2	81.669,24 €	1.633,38 €
<b>Total Proyecto y permisos</b>		<b>6.358,38 €</b>

## 5.6. Presupuesto Total

<b>Total Demoliciones y movimientos de tierras</b>	<b>5.038,05 €</b>
<b>Total Cimentación superficial</b>	<b>12.829,43 €</b>
<b>Total Cimentación superficial</b>	<b>24.325,19 €</b>
<b>Total Cubierta</b>	<b>39.476,58 €</b>
<b>Total Proyecto y permisos</b>	<b>6.358,38 €</b>
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>	<b>88.027,62 €</b>

El presupuesto total es de ochenta y ocho mil veintisiete euros con sesenta y dos céntimos.