GRADO ENGRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

2015 / 2016

DISEÑO Y CÁLCULO DE NAVE INDUSTRIAL DESTINADA A METALISTERÍA

DOCUMENTO 3: ANEXOS

DATOS DE LA ALUMNA O DEL ALUMNO	**DATOS DEL DIRECTOR O DE LA DIRECTORA**
NOMBRE Alaitz	NOMBRE Irantzu
APELLIDOS Gardoki Gonzalez	APELLIDOS Uriarte Gallastegui
	DEPARTAMENTO Ingeniería Mecánica
FDO.:	FDO.:
FECHA: 8-06-2016	FECHA: 17-06-2016

3.ANEXOS

3.1. INTRODUCCIÓN 1

3.2. CÁLCULOS ESTRUCTURALES 1

3.2.1. DATOS DE PARTIDA 1

3.2.2. ACCIONES 3

3.2.2.1. Acciones permanentes 4

3.2.2.1.1. Peso propio 4

3.2.2.2. Acciones variables 4

3.2.2.2.1. Sobrecarga de uso 4

3.2.2.2.2. Acciones térmicas 5

3.2.2.2.3. Nieve 5

3.2.2.2.4. Viento 5

3.2.2.3. Acciones accidentales 5

3.2.2.3.1. Sismo 5

3.2.2.3.2. Incendio 6

3.2.3. CUBIERTA 6

3.2.3.1. Cerramiento de la cubierta 6

3.2.3.2. Cálculos de la cubierta 8

3.2.3.2.1. Acciones 8

3.2.3.2.2. Resumen de las acciones 26

3.2.3.2.3. Combinaciones de carga y validación del cerramiento ... 27

3.2.4. FACHADA 30

3.2.4.1. Cerramiento de la fachada 30

3.2.4.2. Cálculos de la fachada 32

3.2.4.2.1. Acciones 32

3.2.4.2.2. Resumen de las acciones 38

3.2.4.2.3. Combinaciones de cargas y validación del cerramiento .. 39

3.2.5. CORREAS 40
3.2.5.1. Correas de cubierta 41
3.2.5.2. Correas laterales 46
3.2.5.3. Resultado final 50
3.2.6. PUENTE GRÚA 51
3.2.6.1. Características y datos técnicos 51
3.2.6.2. Acciones que intervienen en el puente grúa 53
3.2.6.3. Situaciones posibles debidas al puente grúa 65
3.2.7. VIGA CARRIL 67
3.2.7.1. Condiciones de partida 67
3.2.7.2. Cálculo mediante el software CRANEWAY 70
3.2.8. ENTREPLANTA 82
3.2.8.1. Forjado de la entreplanta 83
3.2.8.1.1. Comprobación estado límite último (ELU) 86
3.2.8.1.2. Comprobación estado límite de servicio (ELS) 88
3.2.8.2. Comportamiento ante el fuego 88
3.2.8.3. Estructura de entreplanta 89
3.2.9. ESTUDIO DE LOS PÓRTICOS 113
3.2.9.1. Pórtico en celosía 113
3.2.9.1.1. Hipótesis de carga 115
3.2.9.1.2. Cálculos 117
3.2.9.1.3. Dimensionamiento 122
3.2.9.2. Pórtico de alma llena 128
3.2.9.2.1. Hipótesis de carga 127
3.2.9.2.2. Cálculos y dimensionamiento 128
3.2.9.3. Conclusión 132
3.2.9.4. Descripción de la celosía 133

3.2.10. ESTUDIO EN NUEVO METAL 3D 134
3.2.10.1. Pandeo 135
3.2.10.1.1. Coeficientes de pandeo 136
3.2.10.2. Pandeo lateral 139
3.2.10.3. Flecha límite 140
3.2.10.4. Cargas 141
3.2.10.5. Resultados 145
3.2.10.5.1. Estado Límite Último de las barras (ELU) 146
3.2.10.5.1.1. Ménsula 146
3.2.10.5.1.2. Pilar pórtico tipo 153
3.2.10.5.1.3. Cordón superior celosía 165
3.2.10.5.1.4. Cordón inferior celosía 177
3.2.10.5.1.5. Diagonal 189
3.2.10.5.1.6. Pilar hastial 200
3.2.10.5.1.7. Dintel hastial 212
3.2.10.5.1.8. Pilarillo 224
3.2.10.5.1.9. Bastidores para cruces de San Andrés cubierta ... 234
3.2.10.5.1.10. Bastidores para cruces de San Andrés laterales 243
3.2.10.5.1.11. Viga de atado pórticos 253
3.2.10.5.1.12. Tirantes cruces de San Andrés en cubierta 262
3.2.10.5.1.13. Tirante cruces de San Andrés laterales 265
3.2.10.5.1.14. Viga cargadero entreplanta 268
3.2.10.5.1.15. Viga de atado entreplanta 280
3.2.10.5.1.16. Pilar entreplanta 289
3.2.10.5.1.17.Viga para portón basculante y puerta de emergencias……. 301
3.2.10.5.2. Comprobación de resistencia para todas las barras ... 313

3.2.11.UNIONES 332

3.2.11.1. Ménsula-pilar pórtico tipo 333

3.2.11.2. Ménsula-pilar hastial 336

3.2.11.3. Pilarillo hastial-cumbrera 340

3.2.11.4. Dintel hastial-Pilar hastial-Viga de atado pórticos 346

3.2.11.5.Viga cargadero entreplanta-Pilar entreplanta 350

3.2.11.6. Viga cargadero entreplanta-Pilar lateral- Viga de atado entreplanta (Pórticos 1 y 3) 354

3.2.11.7. Viga cargadero entreplanta-Pilar lateral-Vigas de atado entreplanta (Pórtico 2) 358

3.2.11.8. Viga cargadero entreplanta-Pilarillo hastial 363

3.2.11.9. Pilar-Viga de arriostramiento lateral 369

3.2.11.10. Perfiles angulares cruces de San Andrés 372

3.2.11.11.Celosía 377

3.2.12.PLACAS DE ANCLAJE 416

3.2.12.5. Agrupación 416

3.2.12.6. Comprobación 418

3.2.12.6.2. Grupo 1 418

3.2.12.6.3. Grupo 2 420

3.2.12.6.4. Grupo 3 422

3.2.12.2.4. Grupo 4 424

3.2.12.2.5. Grupo 5 426

3.2.13. CIMENTACIÓN 428

3.2.13.1. Agrupación 429

3.2.13.2. Comprobación 430

3.2.13.2.1. Grupo 1 430

3.2.13.2.2. Grupo 2 433

3.2.13.2.3. Grupo 3 436

3.2.13.2.4. Grupo 4 439
3.2.13.2.5. Grupo 5 442
3.2.13.2.6. Grupo 6 445
3.2.13.2.7. Grupo 7 448
3.2.14. VIGAS DE ATADO 451
3.2.14.1. Agrupación 452
3.2.14.1.1. Grupo 1 y Grupo 2 452
3.2.14.1.2. Grupo 3 y Grupo 4 454
3.3. SOLERA 456
3.4. ESCALERA 457
3.5. ALBAÑILERÍA 481
3.5.1. PAVIMENTO 481
3.5.1.1. Suelo técnico 481
3.5.1.1. Baldosas de gres 481
3.5.2. TABIQUERÍA 482
3.5.2.1. Tabiques interiores 482
3.5.2.2. Tabique altas prestaciones térmicas 483
3.5.2.3. Estructura metálica 483
3.5.3. FALSO TECHO 485
3.5.3.1. Cálculo de la estructura ligera autoportante 486
3.5.4. AISLAMIENTO TÉRMICO 488
3.6. INSTALACIONES 490
3.6.1. ASCENSOR 490
3.6.2. EVACUACIÓN DE AGUAS 502
3.6.2.1. Red de evacuación de aguas pluviales 503
3.6.2.1.1. Canalones 503
3.6.2.1.2. Sumideros 504

3.6.2.1.3. Bajantes 504

3.6.2.1.4. Colector de aguas pluviales 505

3.6.2.1.5. Arquetas para recogida de aguas pluviales..... 505

3.6.2.2. Red de evacuación de aguas fecales..... 506

3.6.2.2.1.1. Ramales colectores..... 509

3.6.2.2.1. Bajantes de aguas residuales 509

3.6.2.2.2. Colectores horizontales..... 510

3.6.2.2.3. Arquetas para recogida de aguas fecales 510

3.6.3. SUMINISTRO DE AGUAS 510

3.6.3.1. Instalación de agua fría 511

3.6.3.2. Instalación de agua caliente sanitaria (ACS)..... 516

3. ANEXOS

3.1. INTRODUCCIÓN

Este anexo justifica las decisiones tomadas en el diseño y dimensionamiento de los elementos que componen la estructura y las instalaciones de saneamiento y fontanería del edificio proyectado. Cuenta además con las elecciones de los materiales para los diferentes tipos de elementos constructivos, como tabiques, cerramientos, falsos techos, etc. y el cálculo de la estructura metálica que sustentará el ascensor del edificio.

Asimismo se detallan las ventajas y desventajas de las diferentes opciones que ofrece el mercado y que será necesario analizar para llevar a cabo el diseño del edificio y de sus elementos. Se detallan también los criterios y procedimientos seguidos en el cálculo y los resultados finales obtenidos, acompañados de las comprobaciones pertinentes.

Para llevar a cabo los cálculos estructurales, en primer lugar se presentan los datos de partida, las acciones que actuarán sobre la estructura y los elementos que se emplearán en ella. Posteriormente se realiza un estudio de cada elemento de la estructura, analizando las diferentes combinaciones que pueden actuar sobre él, dimensionándolo adecuadamente y definiendo finalmente las uniones entre los diferentes elementos.

Los cálculos han sido realizados con ayuda del programa **"CYPE Ingenieros"** en sus módulos de **"Generador de Pórticos"** y **"Nuevo Metal 3D"**. Cabe destacar que para el cálculo de ciertos elementos de la estructura se ha empleado el software **"Cespla"** y además varios de ellos han sido realizados manualmente.

Los cálculos que se llevarán a cabo son los referidos a estructura, cimentación, red de saneamiento y fontanería. Para ello se seguirán las indicaciones del "**Código Técnico de la Edificación" (CTE)** y todos sus "**Documentos Básicos" (DB)** así como las instrucciones de voluntaria aplicación que ofrecen las **"Normas Tecnológicas"**.

3.2. CÁLCULOS ESTRUCTURALES

3.2.1. DATOS DE PARTIDA

Las consideraciones iniciales que se tienen en cuenta para realizar el dimensionamiento del edificio son las siguientes:

- Nave de estructura metálica con cubierta a dos aguas
- Longitud: 56 m
- Luz: 21 m
- Distancia entre pórticos: 7 m
- Inclinación de la cubierta: 5º (respecto a la horizontal)
- Junta de ditalación: Se supone en el pórtico central de la nave (pórtico nº 5)
- Altura libre: 9,08 m
- Altura en cumbrera: 10 m
- Cubierta y fachada: Panel sándwich sobre correas
- Ubicación: Polígono Industrial Urazandi, Erandio
- Situación topográfica: Normal
- Zona climática: Zona 1 (Anejo E, DB-SE-AE del CTE)
- Zona eólica: Zona C (Anejo D, DB-SE-AE del CTE)
- Tensión admisible del terreno: 0,3 MPa

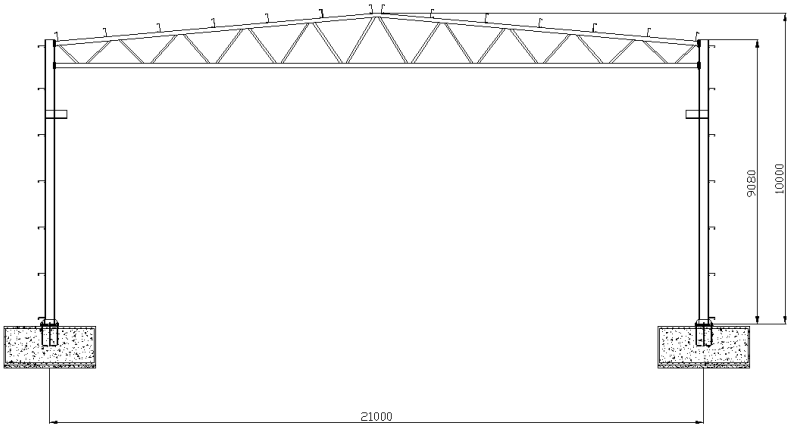


Figura 1. *Dimensiones de los pórticos tipo*

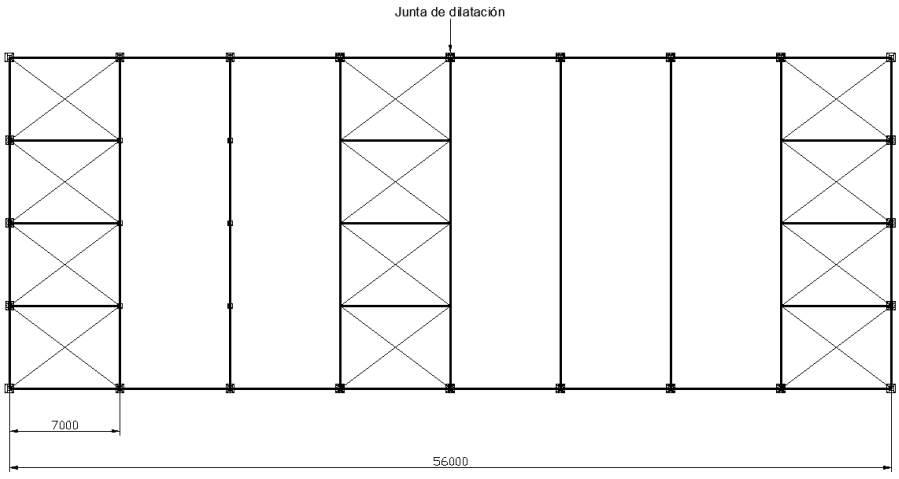


Figura 2. *Planta de la estructura*

La nave está formada por 9 pórticos separados 7 m entre sí, por lo que cuenta con 8 vanos. Dada la longitud de la nave, 56 m, y siguiendo las disposicions del CTE, que prohíben la existencia de elementos longitudinales continuos de más de 40 m de longitud, resulta necesaria la colocación de una junta de dilatación en el edificio. Dicha junta se ubicará en el pórtico central, es decir, en el pórtico número 5, e impedirá la propagación de los esfuerzos longitudinales producidos por los cambios de temperatura. Se realizará la junta en todos los elementos longitudinales de la nave, es decir, en correas, vigas de atado y carrileras.

Los cerramientos de la cubierta y la fachada serán paneles tipo sándwich que se fijarán mediante correas, compuestas por perfiles conformados en C, que se fijarán a su vez a la estructura mediante ejiones.

Para salvar los 21 m de luz y evitar el uso de perfiles de grandes secciones se propone el uso de cerchas, opción que será estudiada posteriormente.

Los tipos de acero que se emplean en la estructura son los siguientes:

- Acero **S235** para los perfiles conformados en C, que se colocarán como correas en cubierta y laterales (f_y=235 N/mm^2 y f_u=360 N/mm^2).
- Acero **S275** para el resto de la estructura (f_y=275 N/mm^2 y f_u=410 N/mm^2).

3.2.2. ACCIONES

A continuación se presentan las acciones a las que estará sometida la estructura de la nave. Las acciones se encuentran divididas en tres grupos: permanentes, variables y accidentales.

- Las **acciones permanentes** son aquellas que actúan en todo momento y no varían de valor ni de posición. Dentro de este grupo se halla el peso propio de todos los elementos que componen la estructura de la nave. Estas acciones se describen en el apartado 2 del DB-SE-AE.

- Las **acciones variables** son aquellas cuyo valor varía frecuentemente a lo largo del tiempo. Dentro de este grupo se encuentran la sobrecarga de uso, de nieve y la acción del viento. Estas acciones se describen en el apartado 3 del DB-SE-AE.

- Finalmente, se encuentran las denominadas **acciones accidentales**. Éste es el caso de los efectos sísmicos y los incendios. Estas acciones se describen en el apartado 4 del DB-SE-AE.

Todas las acciones se calculan siguiendo la normativa que establece el "**Documento Básico de Seguridad Estructural – Acciones en la Edificación" (DB-SE-AE).**

El efecto que produce la combinación de estas acciones será el que determine el dimensionamiento óptimo de cada elemento estructural.

3.2.2.1. Acciones permanentes

3.2.2.1.1. Peso propio

El peso propio a tener en cuenta es el de los elementos estructurales, los cerramientos y elementos separadores, la tabiquería, todo tipo de carpinterías, revestimientos (pavimentos, falsos techos…), rellenos (tierras) y equipo fijo. Es una acción gravitatoria, y que por lo tanto, actua verticalmente.

3.2.2.2. Acciones variables

3.2.2.2.1. Sobrecarga de uso

La sobrecarga de uso concierne el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edifico por razón de uso. Por lo general, los efectos de esta sobrecarga pueden simularse por la aplicación de una carga distribuida uniformemente.

La cuantificación de la sobrecarga de uso se realiza siguiendo las disposiciones descritas en el apartado 3.1. del DB-SE-AE. De acuerdo con el uso que sea fundamental en cada zona del mismo, como valores característicos se adoptarán los de la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 [1]
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente [2]			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación [3]	G1 [7]	Cubiertas con inclinación inferior a 20º	1 [4] [6]	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) [5]	0,4 [4]	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40º	0	2

Figura 3. *Valores característicos de las sobrecargas de uso*

3.2.2.2.2. Acciones térmicas

Los edificios y sus elementos están sometidos a deformaciones y cambios geométricos debidos a las variaciones de la temperatura ambiente exterior. La magnitud de las mismas depende de varios factores: condiciones climáticas del lugar, orientación, exposición, características de los materiales, etc.

En edificios habituales con elementos estructurales de acero, como es este caso, pueden no considerarse las acciones térmicas cuando se dispongan de juntas de dilatación cada 40 m. Estas juntas absorberán los esfuerzos longitudinales que se generen en los elementos estructurales a causa de aumentos o disminuciones de temperatura.

Todo lo mencionado acerca de las acciones térmicas se describe en el apartado 3.4. del DB-SE-AE.

3.2.2.2.3. Nieve

La distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio depende de varios factores: clima del lugar, tipo de precipitación, relieve del entorno, forma de la cubierta del edificio, efectos del viento, etc.

La cuantificación de la carga de nieve se realiza mediante el apartado 3.5 del DB-SE-AE.

3.2.2.2.4. Viento

La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de la superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento.

La acción del viento es una fuerza perpendicular a la superficie donde actúa. Se calcula siguiendo lo establecido en el apartado 3.3 del DB-SE-AE.

3.2.2.3. Acciones accidentales

3.2.2.3.1. Sismo

Las acciones sísmicas están reguladas en la NSCE “Norma de Construcción Sismo Resistente: Parte general y Edificación”.

La normativa vigente no considera necesario tener en cuenta los efectos sísmicos en el desarrollo del presente proyecto, ya que se encuentra en una zona donde la acción sísmica es prácticamente despreciable y los pórticos de la nave se suponen bien arriostrados entre sí en todas las direcciones.

3.2.2.3.2. Incendio

Las acciones debidas a la agresión térmica del incendio se encuentran definidas en el DB-SI.

3.2.3. CUBIERTA

3.2.3.1. Cerramiento de la cubierta

El cerramiento que se empleará en la cubierta será panel prefabricado tipo sándwich. El panel seleccionado es el modelo **"Ondatherm 1150C"** de la firma **Arval.**

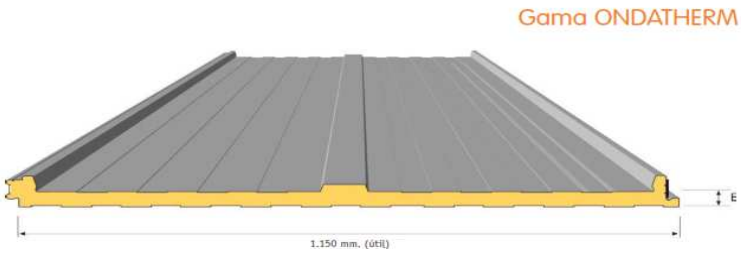


Figura 4. *Panel sándwich Ondatherm 1150C*

"Ondatherm 1150C" es un panel para cubiertas con inclinación mayor del 5% (2,86º) que cuenta con una chapa de 0,6 mm de espesor que mejora la resistencia del panel contra las acciones climáticas de nieve y viento. Las características principales del panel son las siguientes:

- Pendiente mínima: 5% (2,86º)
- Espesor chapa exterior: 0,6mm
- Espesor chapa interior: 0,4mm
- Fijación oculta mediante tapajuntas

Las características técnicas, que pueden consultarse en su ficha técnica, son las siguientes:

MATERIAL BASE		NORMATIVA
Espesor de acero	0,6 (ext.)/ 0,4 (int)	EN 10143
Tipo de protección	Galvanizado	EN 10346
	Galvanizado-Prelacado	EN 10169
Clasificación fuego	B s2 d0 bajo pedido	EN 13501-1
Espesor panel	30/40/50/80 mm	
Prelacado	Matiz colorissime	

Figura 5. *Características técnicas del panel sándwich "Ondatherm 1150C"*

La transmitancia térmica y el peso varían dependiendo del espesor del panel:

DATOS TÉCNICOS			
ESPESOR NOMINAL mm	TÉRMICO W/m² K	MASA Kg/m²	VOLUMEN EMPAQUETADO m²/m³
30	0,68	10,0	22
40	0,53	10,5	18
50	0,43	11,0	15
80	0,27	12,5	10

Figura 6. *Gama de espesores del panel sándwich "Ondatherm 1150C"*

Se optará por el Panel sándwich **"Ondartherm 1150C"** de espesor **80 mm** cuya transmitancia térmica (U) es $0{,}27\,\mathrm{W/m^2 \cdot K}$, considerándola suficiente para mantener una temperatura adecuada en el interior del edificio y cuyo peso propio es $12{,}5\ \mathrm{kg/m^2}$.

Mediante la tabla de utilización se obtendrá la carga máxima admisible que el panel es capaz de soportar

1,75

TABLA DE UTILIZACIÓN		LUCES EN METROS					
SOPORTE	Espesor (mm)	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
3 APOYOS	30	230	190	140	90		
	40	260	220	170	115	75	53
	50	290	250	190	135	95	75
	80	420	380	300	240	190	147

Figura 7. *Carga máxima que soporta el panel "Ondatherm 1150C"*

El cerramiento estará sujeto mediante varias correas, por lo tanto será un soporte multiapoyo. En este caso, el fabricante solo ofrece la opción de 3 apoyos. Se tomará esta solución como válida ya que cuantos más apoyos haya más grande será la carga máxima admisible que soporte el panel. Por lo tanto, se estará trabajando desde el lado de la seguridad. Las correas se colocarán en la cubierta separadas a una distancia de 1,75 m. Para lograr el

valor de la carga máxima admisible por el panel habrá que interpolar entre los dos valores marcados en la tabla superior. El valor obtenido, y por lo tanto, la carga máxima admisible que soportará el panel elegido, será 400 $\mathrm{kg/m^2}$.

El panel elegido será el siguiente:

▪ **Fabricante**	Arval by ArcelorMittal
▪ **Modelo**	"Ondartherm 1150C"
▪ **Espesor**	80 mm
▪ **Distancia entre apoyos**	1,75 m
▪ **Carga máxima admisible**	400 $\mathrm{kg/m^2}$

3.2.3.2. Cálculos de la cubierta

Una vez realizada la elección del cerramiento de la cubierta, se procederá a la verificación del mismo. Para ello resulta necesario plantear las hipótesis de carga a las que estará sometido y deducir entre todas ellas cual resultará la más crítica.

3.2.3.2.1. Acciones

- **Acciones permanentes**

Peso propio

Atendiendo a la decisión tomada, el cerramiento "Ondartherm 1150C", de 80 mm de espesor de la firma Arval, tiene un peso propio de $12{,}5\ \mathrm{kg/m^2}$. La cubierta tiene una inclinación de 5º respecto a la horizontal. Por lo tanto, el peso propio deberá descomponerse en los ejes locales de la misma. Se generarán de esta forma dos tipos de fuerzas, perpendiculares y paralelas.

El valor del peso propio de la cubierta será el siguiente:

$$\boldsymbol{q_{pp}} = 12{,}5\ \frac{kg}{m^2} \cdot \frac{9{,}81N}{1kg} \cdot \frac{1kN}{1000N} = \mathbf{0,122}\ \boldsymbol{\frac{kN}{m^2}}$$

Descomponiéndolo en los ejes locales (perpendicular y paralelo) se obtienen los siguientes resultados:

Eje perpendicular

$$\boldsymbol{q_{pp\perp}} = 0{,}122\ \frac{kN}{m^2} \cdot \cos 5º = \mathbf{0,121}\ \boldsymbol{\frac{kN}{m^2}}$$

Eje paralelo

$$q_{pp\parallel} = 0{,}122\,\frac{kN}{m^2}\cdot \sin 5º = \mathbf{0,01}\,\frac{\boldsymbol{kN}}{\boldsymbol{m^2}}$$

- **Acciones variables**

Sobrecarga de uso

Como se ha mencionado anteriormente, se entiende como sobrecarga de uso, el peso que puede gravitar sobre el edificio por razón de uso. Es decir, en esta sobrecarga se considerarán los pesos de las personas y maquinaría necesaria en caso de que deban hacerse reparaciones en la cubierta.

En el caso de este edificio, el peso propio de la cubierta será $0{,}122\,\mathrm{kN/m^2}$. Se tratará por lo tanto de una cubierta ligera, ya que su peso no excede de $1\,\mathrm{kN/m^2}$.

Para obtener el valor de dicha sobrecarga de uso se consultará la **"Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso"**. La categoría de uso a la que corresponde la cubierta es la **G, "Cubiertas accesibles únicamente para conservación"** y la subcategoría de uso, **G1 "Cubiertas ligera sobre correas (sin forjado)"**. Por lo tantose tomarán los siguientes dos valores:

- Carga uniformemente distribuida: $0{,}4\,kN/m^2$
- Carga concentrada: $1kN$

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 [1]
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente [2]			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación [3]	G1 [7]	Cubiertas con inclinación inferior a 20º	1 [4] [8]	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) [5]	0,4 [6]	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40º	0	2

Figura 8. Valores característicos de las sobrevargas de uso

Generalmente, la carga uniformemente distribuida es más crítica que la carga concentrada. Para tomar una decisión y trabajar desde el lado de la seguridad, se va a proceder a realizar la comparación de los momentos que dichas cargas generan en las correas de la cubierta. Para llevar a cabo esta

tarea se hará uso del programa "**Cespla"**. Los resultados obtenidos son los siguientes:

- **Carga uniformemente distribuida:** $0{,}4\ kN/m^2$

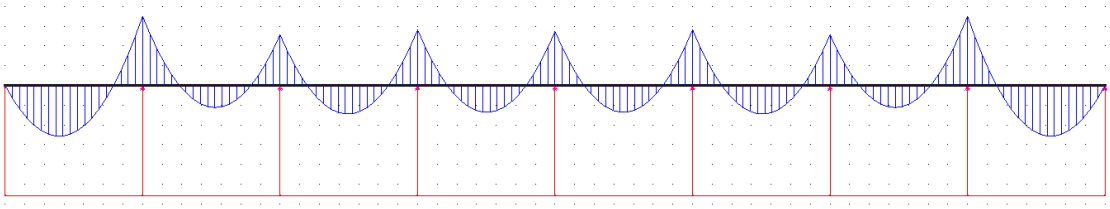


Figura 9. *Diagrama de momentos originados en las correas por la carga uniformemente distribuida*

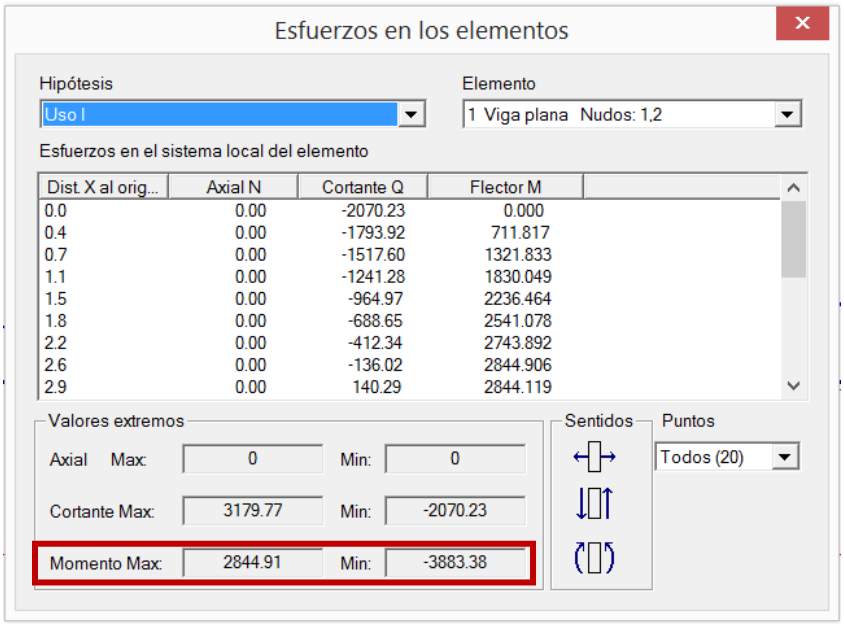


Figura 10. *Esfuerzos en las correas originados por la carga uniformemente distibuida*

- **Carga concentrada:** $1kN$

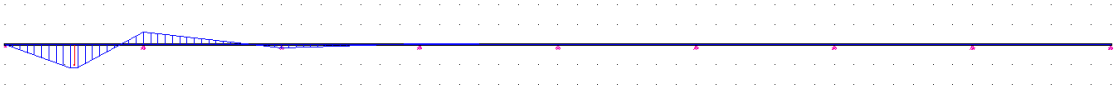


Figura 11. *Diagrama de momentos originados en las correas por la carga concentrada*

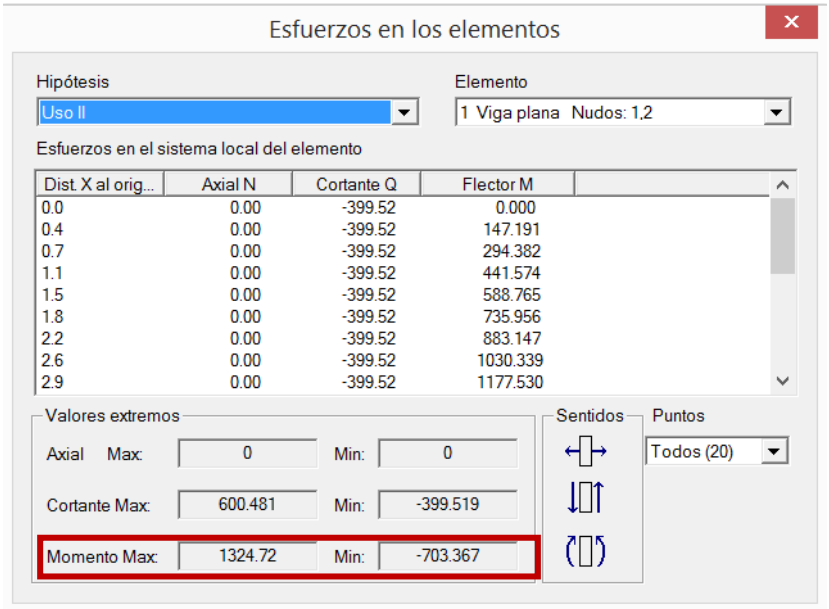


Figura 12. *Esfuerzos en las correas originados por la carga concentrada*

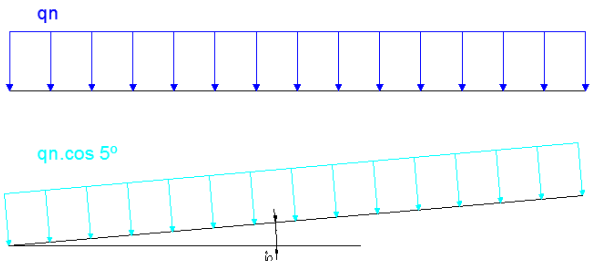
Como puede observarse en las imágenes superiores, los momentos serán mayores con la hipótesis de carga distribuida. Por esta razón, se dejará de lado la carga concentrada y se trabajará con la carga distribuida, validando así la hipótesis que se supuso anteriormente.

Deberá tenerse en cuenta que los valores indicados se refieren a la proyección horizontal de la superficie de la cubierta. Estos valores deben descomponerse en los ejes locales, al igual que ocurría con el peso propio.

El valor de la sobrecarga de uso será el siguiente:

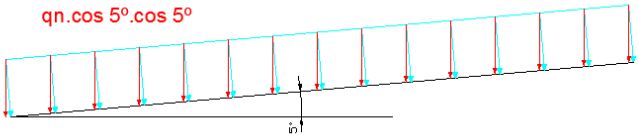
$$q_u = 0,4 \ \frac{kN}{m^2}$$

Descomponiéndolo en sus ejes locales (perpendicular y paralelo) se obtienen los siguientes resultados:



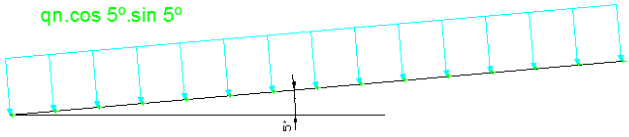
Eje perpendicular

$$\boldsymbol{q_{u\perp}} = 0{,}4\ \frac{kN}{m^2} \cdot \cos 5º \cdot \cos 5º = \mathbf{0,397}\ \frac{\boldsymbol{kN}}{\boldsymbol{m^2}}$$



Eje paralelo

$$\boldsymbol{q_{u\parallel}} = 0{,}4\ \frac{kN}{m^2} \cdot \cos 5º \cdot \sin 5º = \mathbf{0,035}\ \frac{\boldsymbol{kN}}{\boldsymbol{m^2}}$$



La sobrecarga de uso, no será concomitante con las demás.

Nieve

En el caso de la nieve, se determinará un valor en función de la ubicación de la construcción y de la inclinación e impedimentos que presente la cubierta.

Como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, q_n, puede tomarse:

$$\boldsymbol{q_n = \mu \cdot s_k}$$

Siendo;

μ **Coeficiente de forma de la cubierta** según el apartado 3.5.3 del DB-SE-AE.

s_k **El valor característico de la carga de nieve** sobre un terreno horizontal según el Anejo E del DB-SE-AE.

▪ **Coeficiente de forma de la cubierta** $(\boldsymbol{\mu})$

Para la determinación de este coeficiente, se tendrá en cuenta si hay impedimento al deslizamiento de la nieve en la cubierta o no. En el caso de esta construcción, se considerará que no hay ningún tipo de impedimento y como la inclinación de la cubierta es de 5º, **el coeficiente de forma tomará como valor 1**.

▪ **Valor característico de la carga de nieve** $(\boldsymbol{s_k})$

Para determinar dicho valor se consultará en Anejo E del DB-SE-AE. La nave se ubicará en la zona climática 1 y la altitud de dicho lugar rondará los 0 m ya que se sitúa a nivel del mar. Por lo tanto, **el valor característico de la carga de nieve será** $\mathbf{0,3\ kN/m^2}$.

Figura E.2 Zonas climáticas de invierno

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Figura 13. *Valores de carga de nieve en zonas climáticas de invierno*

Por lo tanto el **valor de la sobrecarga de nieve** será el siguiente:

$$\boldsymbol{q_n} = \mu \cdot s_k = 1 \cdot 0{,}3\ \frac{kN}{m^2} = \boldsymbol{0{,}3\ \frac{kN}{m^2}}$$

Como este valor corresponde a la proyección horizontal, habrá que descomponerlo en los ejes locales:

Eje perpendicular

$$\boldsymbol{q_{n\perp}} = 0{,}3\ \frac{kN}{m^2} \cdot \cos 5º \cdot \cos 5º = \boldsymbol{0{,}29\frac{kN}{m^2}}$$

Eje paralelo

$$\boldsymbol{q_{n\parallel}} = 0{,}3\ \frac{kN}{m^2} \cdot \cos 5º \cdot \sin 5º = \boldsymbol{0{,}026\ \frac{kN}{m^2}}$$

Viento

La **sobrecarga de viento**, **o presión estática** ($\boldsymbol{q_e}$), es una fuerza que actúa perpendicularmente sobre la superficie en la que infiere. Atendiendo a la normativa vigente, la solicitación se define mediante la siguiente expresión:

$$\boldsymbol{q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p}$$

Siendo;

q_b La **presión dinámica del viento**. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español puede tomarse $0{,}5\ kN/m^2$. Para obtener un valor más preciso se consultará el Anejo E del DB-SE-AE.

c_e El **coeficiente de exposición**. Para obtener su valor se consultará el apartado 3.3.3. del DB-SE-AE.

c_p El **coeficiente eólico o de presión**. Su valor se establece en los apartados 3.3.4. y 3.3.5. del DB-SE-AE.

- **Presión dinámica del viento** (q_b)

Para obtener dicho valor, se consultará el mapa que aparece abajo. Como puede observarse, a cada zona le corresponde un valor básico de la velocidad del viento:

- o Zona A: $26\,m/s$
- o Zona B: $27\,m/s$
- o Zona C: $29\,m/s$

Figura D.1 Valor básico de la velocidad del viento, v_b

Figura 14. *Valores básicos de la elocidad del viento clasificados por zonas*

El valor básico de la presión dinámica del viento, se obtiene a partir de la siguiente expresión: $q_b = 0{,}5 \cdot \delta \cdot v_b^2$

Siendo δ la densidad del aire y $v_b$el valor básico de la velocidad del viento.

En este mapa, además de obtenerse los valores básicos de la velocidad del viento, también se obtienen los de la presión dinámica, que son los siguientes:

- o Zona A: $0{,}42\,kN/m^2$
- o Zona B: $0{,}45\,kN/m^2$
- o Zona C: $0{,}52\,kN/m^2$

La nave se ubicará en el municipio de Erandio que corresponde a la Zona C del mapa. Por lo tanto, el valor de la velocidad del viento (v_b) será $29\ m/s$ y el de la presión dinámica $(\boldsymbol{q_b})$ $\boldsymbol{0,52\ kN/m^2}$**.**

▪ Coeficiente de exposición $(\boldsymbol{c_e})$

Este coeficiente tiene en cuenta los efectos de las turbulencias originadas por el relieve y la topografía del terreno. Ya que la altura de la construcción no excede los 30m, su valor se tomará de la siguiente tabla. Deberá tenerse en cuenta que la altura del punto considerado será la altura media de la fachada a barlovento.

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

	Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
		3	6	9	12	15	18	24	30
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	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II	Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III	Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV	Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V	Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Figura 15. *Valores del coeficiente de exposición ce*

La zona donde se ubicará la nave será un polígono industrial, por lo tanto pertenecerá al grado de aspereza **"IV Zona urbana en general, industrial o forestal"**.

La nave tiene una atura de 10 m, por lo tanto, para lograr el valor del coeficiente de exposición habrá que interpolar entre los valores señalados en la tabla superior.

Grado de aspereza: IV Zona urbana en general, industrial o forestal	
Altura del punto considerado	**Coeficiente de exposición (c_e)**
9	1,7
10	**1,76**
12	1,9

▪ Coeficiente eólico o de presión $(\boldsymbol{c_p})$

El último coeficiente a calcular para obtener el valor de la acción del viento es el coeficiente eólico o de presión (c_p). Este coeficiente se calculará en función de la dirección del viento y la forma de la estructura. Antes de

hacer ningún cálculo se aclarará lo establecido en el apartado 3.3.5. del DB-SE-AE.

A continuación se adjunta las especificaciones que detalla el CTE acerca del cálculo de dicho coeficiente y se realiza una aclaración de las mismas con el fin de que no quede ninguna duda respecto a los cálculos realizados.

3.3.5 Coeficiente eólico de naves y construcciones diáfanas

1 En naves y construcciones diáfanas, sin forjados que conecten las fachadas, la acción de viento debe individualizarse en cada elemento de superficie exterior. Cuando en al menos dos de los lados del edificio (fachadas o cubiertas) el área total de los huecos exceda el 30% del área total del lado considerado, la acción del viento se determina considerando la estructura como una marquesina o una pared libre.

2 A efectos del cálculo de la estructura, del lado de la seguridad se podrá utilizar la resultante en cada plano de fachada o cubierta de los valores del Anejo D.3, que recogen el pésimo en cada punto debido a varias direcciones de viento. A los efectos locales, tales como correas, paneles de cerramiento, o anclajes, deben utilizarse los valores correspondientes a la zona o zonas en que se encuentra ubicado dicho elemento.

3 Si el edificio presenta grandes huecos la acción de viento genera, además de presiones en el exterior, presiones en el interior, que se suman a las anteriores.

El coeficiente eólico de presión interior, c_{pi}, se considera único en todos los en todos los paramentos interiores del edificio que delimitan la zona afectada por la fachada o cubierta que presenta grandes huecos. Para la determinación de la presión interior, en edificios de una sola planta, se considerará como coeficiente de exposición el correspondiente a la altura del punto medio del hueco, salvo que exista un hueco dominante, en cuyo caso el coeficiente de exposición será el correspondiente a la altura media de dicho hueco. Si el edificio tiene varias plantas se considerara la altura media de la planta analizada. Un hueco se considera dominante si su área es por lo menos diez veces superior a la suma de las áreas de los huecos restantes.

4 Cuando el área de las aberturas de una fachada sea el doble de las aberturas en el resto de las fachadas del edificio, se tomará $c_{pi} = 0{,}75c_{pe}$; si es el triple $c_{pi} = 0{,}9c_{pe}$ siendo c_{pe} el coeficiente eólico de presión exterior. En casos intermedios se interpolará linealmente. En otro caso se tomarán los valores de la tabla 3.6

Tabla 3.6 Coeficientes de presión interior

Esbeltez en el plano paralelo al viento	Área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
≤1	0,7	0,7	0,6	0,4	0,3	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5
≥4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3

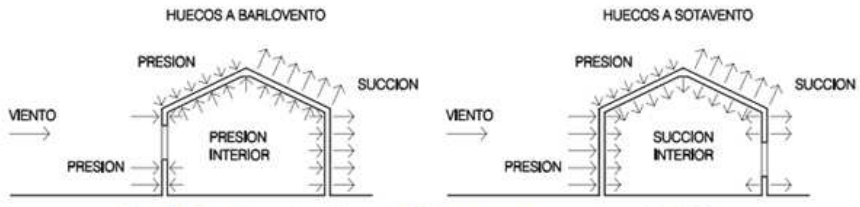


Fig. 3.1 Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana

Figura 16. *Valores del coeficiente de presión interior*

Aclaraciones:

1. En primer lugar, el apartado 3.3.5., hace referencia a las diferencias entre marquesina y nave. En este caso, la estructura carece de huecos permanentes. Por lo tanto se estudiará como **nave a dos**

aguas con una puerta para camiones en el lateral. Esta puerta supondrá únicamente un área del 0,04% del área total del lateral.

2. En segundo lugar, se hace referencia al Anejo D3., que recoge diferentes valores del **coeficiente de presión exterior** para cada zona de la cubierta y de la fachada de la nave $(\boldsymbol{c_{pe}})$**.**

3. En tercer lugar, este apartado hace referencia a la **presión interior** $(\boldsymbol{c_{pi}})$ que puede producirse si la nave dispone de algún "gran hueco". No se define exactamente lo que se quiere decir con "grandes huecos", por lo que se considerará la puerta para camiones ubicada en el lateral de la nave como único "gran hueco".

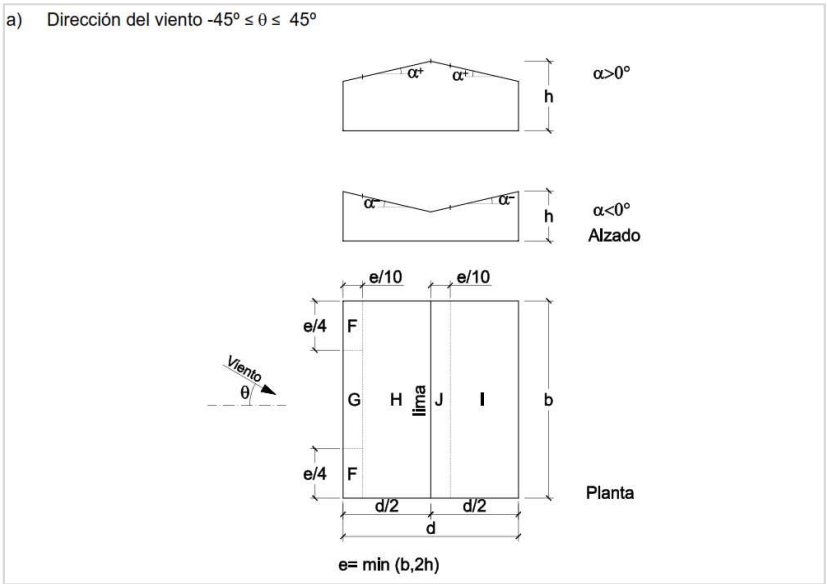
4. Por último y en cuarto lugar, se establecen los parámetros necesarios para el cálculo del **coeficiente de presión interior** $(\boldsymbol{c_{pi}})$**.**

Una vez hechas las aclaraciones pertinentes, se procederá al cálculo de los coeficientes de presión, tanto exterior como interior.

▪ **Coeficiente de presión exterior** $(\boldsymbol{c_{pe}})$

La estructura se estudiará como una nave a dos aguas. Por lo tanto, se consultará el **Anejo D.3 Coeficientes de presión exterior** del DB-SE-AE, **Tabla D.6 Cubierta a dos aguas**. En ésta tabla se encuentran los diferentes valores del coeficiente de presión exterior para la cubierta de la nave en función de la dirección del viento (transversal o longitudinal).

Viento transversal



Siendo;

- e= min(b,2h) → b=56 m, h=10m → e=20 m
- e/4=5 m, e/10=2 m
- d=21 m → d/2=10,5 m

Pendiente de la cubierta α	A (m^2)	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
-45º	≥ 10	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1
	≤ 1	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5
-30º	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	≤ 1	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
-15º	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	≤ 1	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
-5º	≥ 10	-2,3	-1,2	-0,8	0,2 -0,6	0,2 -0,6
	≤ 1	-2,5	-2	-1,2	0,2 -0,6	0,2 -0,6
5º	≥ 10	-1,7 +0,0	-1,2 +0,0	-0,6 +0,0	-0,6	0,2 -0,6
	≤ 1	-2,5 +0,0	-2 +0,0	-1,2 +0,0	-0,6	0,2 -0,6
15º	≥ 10	-0,9 0,2	-0,8 0,2	-0,3 0,2	-0,4 +0,0	-1 +0,0
	≤ 1	-2 0,2	-1,5 0,2	-0,3 0,2	-0,4 +0,0	-1,5 +0,0
30º	≥ 10	-0,5 0,7	-0,5 0,7	-0,2 0,4	-0,4 0	-0,5 0
	≤ 1	-1,5 0,7	-1,5 0,7	-0,2 0,4	-0,4 0	-0,5 0
45º	≥ 10	-0,0 0,7	-0,0 0,7	-0,0 0,6	-0,2 +0,0	-0,3 +0,0
	≤ 1	-0,0 0,7	-0,0 0,7	-0,0 0,6	-0,2 +0,0	-0,3 +0,0
60º	≥ 10	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
75º	≥ 10	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

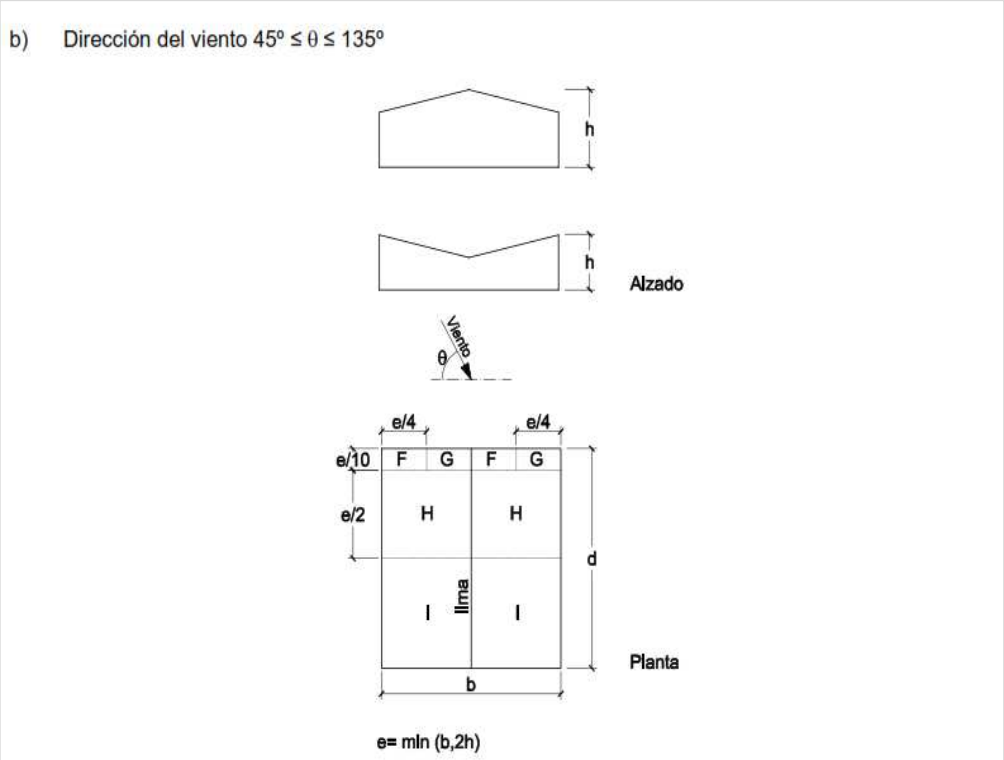
Figura 17. *Distribución de zonas en la cubierta y valores de coeficientes de presión con viento transversal*

En la tabla superior, A hace referencia al área de influencia del elemento considerado. Este valor será $> 10\ m^2$ para la cubierta teniendo en cuenta las dimensiones de la misma. Los valores obtenidos para una pendiente de cubierta $\alpha = 5º$ y un área de influencia $A > 10\ m^2$ son los siguientes:

Zona	F	G	H	I	J
Presión	0	0	0	-0,6	0,2
Succión	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	-0,6

Se observa en la tabla que el coeficiente de presión puede adoptar valores positivos y negativos. Esto se debe a que el viento puede actuar de dos maneras, creando presión o succión.

Viento longitudinal



Siendo;

- e= min(b,2h) → b=21 m, h=10m → e=20 m
- e/2=10 m, e/4=5 m, e/10=2 m
- d=56 m

Pendiente de la cubierta α	A (m^2)	Zona (según figura), -45º ≤ θ ≤ 45º			
		F	G	H	I
-45º	≥ 10	-1,4	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2
-30º	≥ 10	-1,5	-1,2	-1,0	-0,9
	≤ 1	-2,1	-2,0	-1,3	-1,2
-15º	≥ 10	-1,9	-1,2	-0,8	-0,8
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
-5º	≥ 10	-1,8	-1,2	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
5º	≥ 10	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
	≤ 1	-2,2	-2,0	-1,2	-0,6
15º	≥ 10	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
	≤ 1	-2,0	-2,0	-1,2	-0,5
30º	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
45º	≥ 10	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
60º	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5
75º	≥ 10	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	≤ 1	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5

Figura 18. *Distribución de zonas en la cubierta y valores de coeficientes de presión con viento longitudinal*

Al igual que ocurría en el caso anterior, A hace referencia al área de influencia del elemento considerado. En este caso, el área será también $> 10\ m^2$. Los valores obtenidos para una pendiente de cubierta $\alpha = 5º$ y un área de influencia $A > 10\ m^2$ son los siguientes:

Zona	F	G	H	I
Succión	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6

En el caso del viento longitudinal, éste actuará únicamente a succión, por lo que el coeficiente de presión adoptará unicamente valores negativos.

CONCLUSIÓN: Valores del viento exterior

- **Viento transversal: Presión**

$q_F = 0{,}52 \cdot 1.76 \cdot 0 = 0\,\mathrm{kN/m^2}$

$q_G = 0{,}52 \cdot 1.76 \cdot 0 = 0\,\mathrm{kN/m^2}$

$q_H = 0{,}52 \cdot 1.76 \cdot 0 = 0\,\mathrm{kN/m^2}$

$q_I = 0{,}52 \cdot 1.76 \cdot (-0{,}6) = -0{,}55\,\mathrm{kN/m^2}$

$q_J = 0{,}52 \cdot 1.76 \cdot 0{,}2 = 0{,}18\,\mathrm{kN/m^2}$

- **Viento transversal: Succión**

$q_F = 0{,}52 \cdot 1.76 \cdot (-1{,}7) = -1{,}56\,\mathrm{kN/m^2}$

$q_G = 0{,}52 \cdot 1.76 \cdot (-1{,}2) = -1{,}098\,\mathrm{kN/m^2}$

$q_H = 0{,}52 \cdot 1.76 \cdot (-0{,}6) = -0{,}55\,\mathrm{kN/m^2}$

$q_I = 0{,}52 \cdot 1.76 \cdot (-0{,}6) = -0{,}55\,\mathrm{kN/m^2}$

$q_J = 0{,}52 \cdot 1.76 \cdot (-0{,}6) = -0{,}55\,\mathrm{kN/m^2}$

- **Viento longitudinal: Succión**

$q_F = 0{,}52 \cdot 1.76 \cdot (-1{,}6) = -1{,}46\,\mathrm{kN/m^2}$

$q_G = 0{,}52 \cdot 1.76 \cdot (-1{,}3) = -1{,}19\,\mathrm{kN/m^2}$

$q_H = 0{,}52 \cdot 1.76 \cdot (-0{,}7) = -0{,}64\,\mathrm{kN/m^2}$

$$q_I = 0{,}52 \cdot 1.76 \cdot (-0{,}6) = -0{,}55\,\mathrm{kN/m^2}$$

▪ Coeficiente de presión interior (c_{pi})

Atendiendo a las disposiciones descritas en el apartado 3.3.5. del DB-SE-AE, la nave contará con una puerta para camiones en el lateral derecho de 5x5 m^2. Éste será el único posible hueco de la nave considerado como "gran hueco" y que podrá crear presiones en el interior de ella.

El coeficiente de presión interior será único y afectará de igual modo a todos los elementos de dentro de la construcción. Para el cálculo de éste se supondrá la puerta abierta en su totalidad, puesto que será la situación más crítica.

Tabla 3.6 Coeficientes de presión interior

Esbeltez en el plano paralelo al viento	Área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
≤1	0,7	0,7	0,6	0,4	0,3	0,1	0,0	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5
≥4	0,5	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3

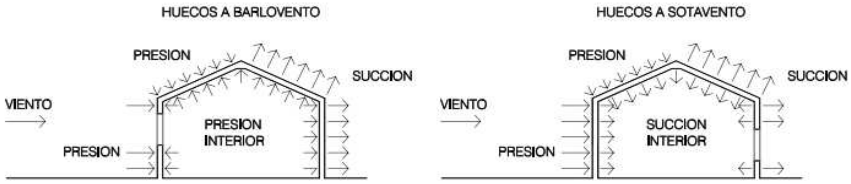


Fig. 3.1 Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana

Figura 19 *Coeficientes de presión interior*

Para el cácludlo del coeficiente de presión interior será necesario definir antes los siguientes parámetros:

h Altura del edificio

h/b Esbeltez en el plano paralelo al viento (máx. altura de la rasante/ fondo del edificio en la dirección del viento)

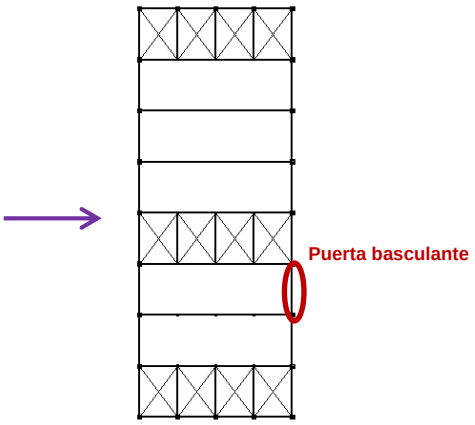
c Coeficiente de relación, se obtendrá mediante la siguiente expresión:

$$\frac{Área\ total\ de\ huecos\ a\ sotavento}{Área\ total\ de\ huecos}$$

Se diferenciarán **4 casos**:

❖ Transversal

1. Dentro se dará succión. El coeficiente de relación será 1.



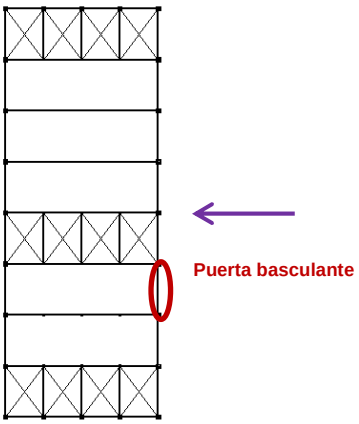
$$h = 10\ m$$

$$\frac{h}{b} = \frac{10}{21} = 0{,}476 < 1$$

$$c = \frac{20}{20} = 1$$

$$\boldsymbol{C_{pi} = -0{,}5}$$

2. Dentro se dará presión. El coeficiente de relación será 0.



$$h = 10\ m$$

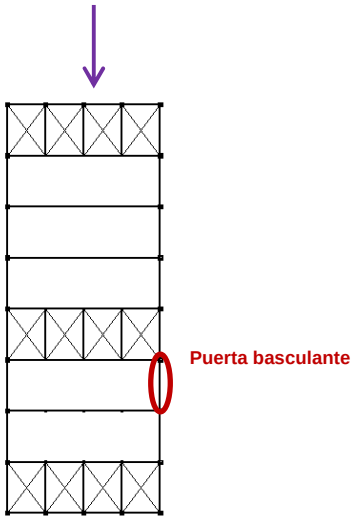
$$\frac{h}{b} = \frac{10}{21} = 0{,}476 < 1$$

$$c = \frac{0}{20} = 0$$

$$\boldsymbol{C_{pi} = 0{,}7}$$

❖ Longitudinal

3. Dentro se dará succión. El coeficiente de relación será 1.



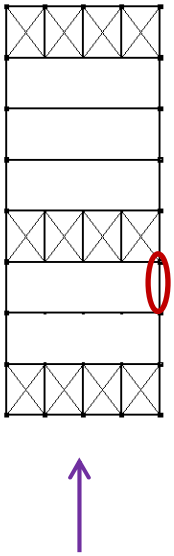
$$h = 10\ m$$

$$\frac{h}{b} = \frac{10}{56} = 0{,}178 < 1$$

$$c = \frac{0}{20} = 0$$

$$\boldsymbol{C_{pi} = -0{,}5}$$

4. Dentro se dará succión. El coeficiente de relación será 1



$$h = 10\ m$$

$$\frac{h}{b} = \frac{10}{56} = 0{,}178 < 1$$

$$c = \frac{0}{20} = 0$$

$$\boldsymbol{C_{pi} = -0{,}5}$$

CONCLUSIÓN: Valores del viento interior

❖ **Transversal**

$q_1 = 0{,}52 \cdot 1{,}3 \cdot (-0{,}5) = -0{,}338\ kN/m^2$ ⟶ 2 Casos

$q_2 = 0{,}52 \cdot 1{,}3 \cdot (0{,}7) = 0{,}4732\ kN/m^2$

❖ **Longitudinal**

$q_3 = 0{,}52 \cdot 1{,}3 \cdot (-0{,}5) = -0{,}338\ kN/m^2$ ⟶ 1 Caso

$q_4 = 0{,}52 \cdot 1{,}3 \cdot (-0{,}5) = -0{,}338\ kN/m^2$

RESUMEN: Acción del viento

EXTERIOR

Zona	Transversal		Longitudinal
	Presión	Succión	Succión
F	$0\ kN/m^2$	$-1{,}56\ kN/m^2$	$-1{,}46\ kN/m^2$
G	$0\ kN/m^2$	$-1{,}098\ kN/m^2$	$-1{,}19\ kN/m^2$
H	$0\ kN/m^2$	$-0{,}55\ kN/m^2$	$-0{,}64\ kN/m^2$
I	$-0{,}55\ kN/m^2$	$-0{,}55\ kN/m^2$	$-0{,}55\ kN/m^2$
J	$0{,}18\ kN/m^2$	$-0{,}55\ kN/m^2$	-

INTERIOR

❖ Transversal

1. Caso → $q_1 = -0{,}338\, kN/m^2$ $(Succión\ interior)$
2. Caso → $q_2 = 0{,}4732\, kN/m^2$ $(Presión\ interior)$

❖ Longitudinal

3. Caso → $q_3 = -0{,}338\, kN/m^2$ $(Succión\ interior)$

RESULTADOS: Totales

El valor de la acción total del viento se calculará mediante la siguiente expresión: $\boldsymbol{q_v = q_v^{ext} - q_v^{int}}$

❖ Transversal

1. Caso

Zona	Presión	Succión
F	0+0,338=**0,338(P)**	1,56-0,338=**1,22 (S)**
G	0+0,338=**0,338(P)**	1,098-0,338=**0,76 (S)**
H	0+0,338=**0,338(P)**	0,55-0,338=**0,212 (S)**
I	0,55-0,338=**0,212(S)**	0,55-0,338=**0,212 (S)**
J	0,19+0,338=**0,518 (P)**	0,55-0,338=**0,212 (S)**

2. Caso

Zona	Presión	Succión
F	0+0,4732=**0,4732 (S)**	1,56+0,4731=**2,033 (S)**
G	0+0,4732=**0,4732 (S)**	1,098+0,4732=**1,57 (S)**
H	0+0,4732=**0,4732 (S)**	0,55+0,4732=**1,023 (S)**
I	0,55+0,4732=**1,023 (S)**	0,55+0,4732=**1,023 (S)**
J	-0,19+0,4732=**0,29 (S)**	0,55+0,4732=**1,023 (S)**

❖ Longitudinal

3. Caso

Zona	Succión
F	1,46-0,338= **1,12 (S)**
G	1,19-0,338=**0,852 (S)**
H	0,64-0,338=**0,302 (S)**
I	0,55-0,338=**0,212 (S)**

De los valores obtenidos, se emplearán para el cálculo, los más desfavorables. Siendo el valor crítico del viento a succión $q_{vs} = -2{,}03\,kN/m^2$ y el del viento a presión $q_{vp} = 0{,}518\,kN/m^2$.

3.2.3.2.2. Resumen de las acciones

- **Acciones permanentes**

Peso propio

$$\boldsymbol{q_{pp\perp}} = 0{,}122\frac{kN}{m^2}\cdot cos\,5º = \mathbf{0,121}\frac{\boldsymbol{kN}}{\boldsymbol{m^2}}$$

$$\boldsymbol{q_{pp\parallel}} = 0{,}122\frac{kN}{m^2}\cdot sin\,5º = \mathbf{0,01}\frac{\boldsymbol{kN}}{\boldsymbol{m^2}}$$

- **Acciones variables**

Sobrecarga de uso

$$\boldsymbol{q_{u\perp}} = 0{,}4\ \frac{kN}{m^2}\cdot cos\,5º\cdot cos\,5º = \mathbf{0,397}\frac{\boldsymbol{kN}}{\boldsymbol{m^2}}$$

$$\boldsymbol{q_{u\parallel}} = 0{,}4\ \frac{kN}{m^2}\cdot cos\,5º\cdot sin\,5º = \mathbf{0,035}\ \frac{\boldsymbol{kN}}{\boldsymbol{m^2}}$$

Nieve

$$\boldsymbol{q_{n\perp}} = 0{,}3\ \frac{kN}{m^2}\cdot cos\,5º\cdot cos\,5º = \mathbf{0,29}\frac{\boldsymbol{kN}}{\boldsymbol{m^2}}$$

$$\boldsymbol{q_{n\parallel}} = 0{,}3\ \frac{kN}{m^2}\cdot cos\,5º\cdot sin\,5º = \mathbf{0,026}\ \frac{\boldsymbol{kN}}{\boldsymbol{m^2}}$$

Viento

$$\boldsymbol{q_{vs}} = \mathbf{-2,03}\frac{\boldsymbol{kN}}{\boldsymbol{m^2}}$$

$$\boldsymbol{q_{vp}} = \mathbf{0518}\frac{\boldsymbol{kN}}{\boldsymbol{m^2}}$$

3.2.3.2.3. Combinaciones de carga y validación del cerramiento

En este apartado se plantean las diferentes combinaciones de carga sin tener en cuenta el peso propio del panel, para poder verificar su capacidad. Dichas combinaciones se plantean siguiendo las exigencias establecidas en el CTE DB-SE.

El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión:

$$\sum_{j\geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Es decir, considerando la actuación simultánea de:

a) Todas las acciones permanentes, en valor de cálculo $(\gamma_{G,j} \cdot G_{k,j})$, incluido el pretensado $(\gamma_P \cdot P)$;

b) Una acción variable cualquiera, en valor de cálculo $(\gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1})$, debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;

c) El resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación $(\gamma_Q \cdot \Psi_0 \cdot Q_k)$.

Los valores de los coeficientes de seguridad, γ, se establecen en la siguiente tabla para cada tipo de acción, atendiendo para comprobaciones de resistencia a si su efecto es desfavorable o favorable, considerada globalmente. Para comprobaciones de estabilidad, se diferenciará, aún dentro de la misma acción, la parte favorable (la estabilizadora) y la desfavorable (la desestabilizadora).

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

Tipo de verificación [1]	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
		desestabilizadora	estabilizadora
Estabilidad	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

[1] Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

Figura 20. *Coeficientes de seguridad*

Los valores de los coeficientes de simultaneidad, Ψ, se establecen en la siguiente tabla:

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas(Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		(1)	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

(1) En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Figura 21. *Coeficientes de simultaneidad*

Deberá tenerse en cuenta que al ser una cubierta accesible únicamente para conservación, el uso no será concomitante. Es decir, los operarios no subirán a reparar la cubierta en días de nevadas o fuertes rachas de viento. Por lo tanto, siguiendo lo mencionado anteriormente, se procederá a describir las diferentes combinaciones de carga que afectarán a la cubierta. Ya que el uso no es concomitante, cabe mencionar que solo se efectuarán 15 combinaciones de carga hasta llegar a los 3 componentes. Las combinaciones de 4 componentes no se examinarán ya que siempre se obtendrá un valor más pequeño que el que se logrará con las demás combinaciones.

1. ~~$\gamma_G \cdot q_{pp}$~~
2. ~~$\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_u \cdot q_u$~~
3. ~~$\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_n \cdot q_n$~~
4. ~~$\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_{vp} \cdot q_{vp}$~~
5. $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_{vs} \cdot q_{vs}$
6. ~~$\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_u \cdot q_u + \gamma_n \cdot \Psi_0 \cdot q_n$~~
7. ~~$\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_u \cdot q_u + \gamma_{vp} \cdot \Psi_0 \cdot q_{vp}$~~
8. ~~$\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_u \cdot q_u + \gamma_{vs} \cdot \Psi_0 \cdot q_{vs}$~~
9. ~~$\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_n \cdot q_n + \gamma_u \cdot \Psi_0 \cdot q_u$~~
10. $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_n \cdot q_n + \gamma_{vp} \cdot \Psi_0 \cdot q_{vp}$
11. ~~$\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_n \cdot q_n + \gamma_{vs} \cdot \Psi_0 \cdot q_{vs}$~~
12. ~~$\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_{vp} \cdot q_{vp} + \gamma_u \cdot \Psi_0 \cdot q_u$~~
13. $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_{vp} \cdot q_{vp} + \gamma_n \cdot \Psi_0 \cdot q_n$
14. ~~$\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_{vs} \cdot q_{vs} + \gamma_u \cdot \Psi_0 \cdot q_u$~~

~~15. $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_{vs} \cdot q_{vs} + \gamma_n \cdot \Psi_0 \cdot q_n$~~

Es posible tachar ciertas ecuaciones, ya que la lógica dice que el valor que se obtendrá será menor que el que se obtendrá con otras ecuaciones. Por ejemplo, por lo general, el valor de las combinaciones de uno y dos componentes será menor que el de tres, aunque puede haber excepciones (combinación Nº5). Es decir, la combinación de peso propio y nieve será lógicamente menor que la de peso propio, nieve y viento.

Tras hacer un estudio sobre las diferentes combinaciones, se seleccionan la número 5,10 y 13. El siguiente paso será introducir los valores de las cargas en dichas ecuaciones para obtener el resultado más crítico y poder dimensionar el panel a partir de dicho resultado. Las cargas que se introducirán serán tanto las perpendiculares como las paralelas:

5. $\boldsymbol{\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_{vs} \cdot q_{vs}}$

Perpendicular → $0{,}8 \,.\, 0{,}121 + 1{,}5 \,.\, (-2{,}03) = \mathbf{-2{,}95\ kN/m^2}$

Paralelo → $0{,}8 \,.\, 0{,}01 = 0{,}008\ kN/m^2$

10. $\boldsymbol{\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_n \cdot q_n + \gamma_{vp} \cdot \Psi_0 \cdot q_{vp}}$

Perpendicular → $1{,}55 \,.\, 0{,}121 + 1{,}5 \,.\, 0{,}29 + 1{,}5 \,.\, 0{,}6 \,.\, 0{,}518 = 1{,}08\ kN/m^2$

Paralelo → $1{,}55 \,.\, 0{,}01 + 1{,}5 \,.\, 0{,}026 = 0{,}054\ kN/m^2$

13. $\boldsymbol{\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_{vp} \cdot q_{vp} + \gamma_n \cdot \Psi_0 \cdot q_n}$

Perpendicular → $1{,}55 \,.\, 0{,}121 + 1{,}5 \,.\, 0{,}518 + 1{,}5 \,.\, 0{,}5 \,.\, 0{,}29 = 1{,}18\ kN/m^2$

Paralelo → $1{,}55 \,.\, 0{,}01 + 1{,}5 \,.\, 0{,}5 \,.\, 0{,}026 = 0{,}035\ kN/m^2$

El valor más crítico será el que se obtiene con la combinación nº 5, $-2{,}95\ \mathrm{kN/m^2}$. El resultado se pondrá en valor absoluto y se hará un cambio de unidades para compararlo con la carga máxima que puede soportar el panel seleccionado anteriormente **"Ondatherm 1150C"**:

$$\frac{2{,}95kN}{m^2} \cdot \frac{1000N}{1kN} \cdot \frac{1kg}{9{,}81N} = \mathbf{300{,}71\ \frac{kg}{m^2}}$$

El panel sujeto mediante correas cada 1,75 m, soportará una carga máxima de $400\ kg/m^2$. Por lo tanto, el panel **"Ondatherm 1150C"** es capaz de soportar las cargas a las que va a estar sometido y la elección hecha se da por válida.

3.2.4. FACHADA

3.2.4.1. Cerramiento de la fachada

El panel elegido para el recubrimiento de la fachada es "**Arga Plus 600/900/1000"** de la firma **Arval**.

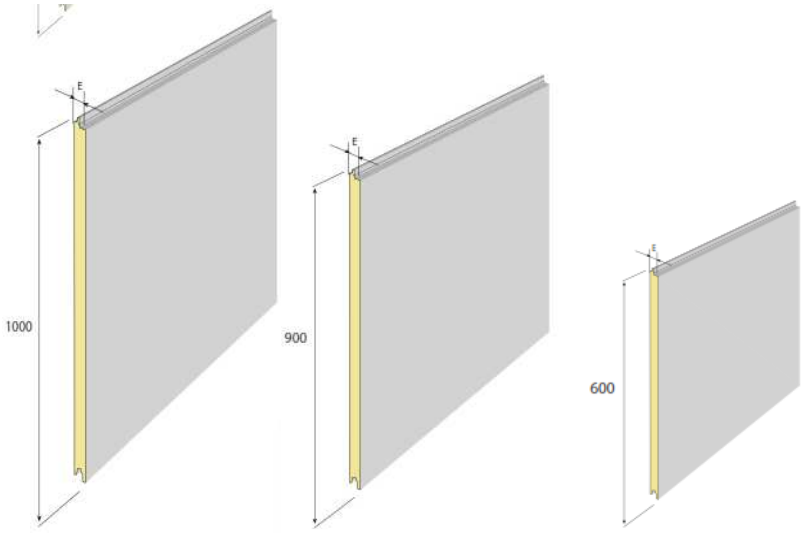


Figura 22. *Paneles sándwich "Arga Plus 1000/900/600"*

Las características principales son las siguientes:

- Capa exterior formada por un perfil de acero lacado de 0,7 mm de espesor. Presenta una resistencia excelente a la corrosión y una resistencia mecánica media especialmente indicada para su empleo en fachadas.
- Capa interior formada por chapa de acero galvanizado de 0,5 mm de espesor.
- El espacio comprendido entre ambos perfiles es rellenado por inyección de espuma rígida de poliuretano.
- Pueden disponerse horizontal o verticalmente en la fachada.
- Pueden combinarse paneles de diferentes larguras: 600, 900 o 1000 mm.

Las características técnicas que pueden consultarse en su ficha técnica son las siguientes:

MATERIA DE BASE		NORMATIVA
Espesor de acero	0.7 mm (ext.) / 0.5 mm (int.)	EN 10143
Tipo de protección	Galvanizado	EN 10327
	Galvanizado-Prelacado	EN 10169
Espesor de espuma	35 / 50 / 60 mm	
Clasificación al fuego	B s2 d0 Bajo pedido	EN 13501-1
Densidad	50 Kg / m^3	
Prelacado	Matiz Colorissime	

Longitud máxima limitada por transporte. Máximo 13,5 m

Figura 23. *Características técnicas de los paneles sándwich "Arga Plus"*

La transmitancia térmica y el peso varían dependiendo del espesor del panel:

DATOS TÉCNICOS		
Espesor nominal mm	Aislamiento térmico (*) $W/m^2 K$	Masa Kg/m^2
35	0,59	10,6
50	0,42	11,2
60	0,36	11,7

(*) Para junta no ventilada.

Figura 24. *Datos técnicos de los paneles sándwich "Arga Plus"*

Se optará por el Panel sándwich **"Arga Plus 1000"** de espesor **60mm** cuya transmitancia térmica (U) es $0{,}36\,\mathrm{W/m^2\,K}$ (suficiente para mantener una temperatura adecuada en el interior de la construcción) y cuyo peso propio es $11{,}7\ \mathrm{kg/m^2}$. Con la siguiente tabla se obtendrá la carga máxima admisible que el panel es capaz de soportar:

TABLA DE UTILIZACIÓN		LUCES EN METROS					
SOPORTE	ESPESOR (mm)	1.5	2	2.5	3	3.5	4
TRES APOYOS	35	220	180	140	100	60	
	50	270	230	180	130	90	70
	60	300	260	210	160	120	90

Figura 25. *Cargas máximas admisibles por los paneles "Arga Plus"*

Al igual que ocurría con el cerramiento de la cubierta, el de la fachada también estará sujeto mediante varias correas, por lo tanto será un soporte multiapoyo. El fabricante solo ofrece la opción de 3 apoyos , se adoptará esta solución como válida por los mismos motivos explicados en la elección del cerramiento de la cubierta. Las correas se colocarán en la cubierta separadas a una distancia de 1,5m. Por lo tanto la carga máxima admisible que el panel elegido será capaz de soportar, serán 300 $\mathrm{kg/m^2}$.

El panel elegido será el siguiente:

▪ **Fabricante**	Arval by ArcelorMittal
▪ **Modelo**	"Arga Plus 1000"
▪ **Espesor**	60 mm
▪ **Distancia entre apoyos**	1,75 m
▪ **Carga máxima admisible**	300 kg/m^2

3.2.4.2. Cálculos de la fachada

Una vez realizada la elección del cerramiento de la fachada, se procederá a la verificación de la misma. Se seguirán los mismos pasos dados en el cálculo del cerramiento: planteamiento de las cargas, resumen de las cargas y combinaciones.

Para la determinación de dichas acciones es interesante observar el análisis realizado en el cálculo de la cubierta. Puesto que las acciones que actuarán en la fachada serán las mismas que las que actuan en la cubierta, exceptuando la nieve y el uso. Por una parte, es lógico pensar que la nieve no podrá amontonarse en la fachada y por otra parte, es lógico pensar también que el peso de los operarios y equipos de mantenimiento actuará únicamente sobre la cubierta, y no sobre la fachada. Por lo tanto, en el cálculo de la fachada solo actuarán dos acciones: el peso propio y el viento.

Además cabe destacar que actuarán en planos diferentes, el peso propio actuará en el plano paralelo a la superficie del panel, y el viento en el plano perpendicular a dicha superficie.

3.2.4.2.1. Acciones

- **Acciones permanentes**

Peso propio

Atendiendo a la elección de panel tomada, el modelo **"Argal Plus 1000" de espesor 60mm** tiene un peso propio de $(\mathrm{q_{pp}})\ 11{,}7\ \mathrm{kg/m^2}$.

Por lo tanto, el **valor del peso propio** será el siguiente:

$$\boldsymbol{q_{pp}} = 11{,}7\ \frac{kg}{m^2} \cdot \frac{9{,}81N}{1kg} \cdot \frac{1kN}{1000N} = \mathbf{0,11}\ \frac{\boldsymbol{kN}}{\boldsymbol{m^2}}$$

Como se ha mencionado anteiormente, el peso propio actuará en vertical, en el plano pararelo a la superficie del panel, puesto que es una carga gravitatoria.

Eje paralelo

$$q_{pp\parallel} = 0,11 \frac{kN}{m^2}$$

- **Acciones variables**

Viento

La **sobrecarga de viento**, **o presión estática** (q_e), se define mediante la siguiente expresión:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

No habrá que volver a calcular los valores de **presión dinámica del viento** (q_b) y de **coeficiente de exposición** (c_e), puesto que sirven los calculados en el apartado Dimensionamiento de la cubierta. Los valores de ambos parámetros son los siguientes:

- **Presión dinámica del viento** (q_b) : $Zona\ C = 0{,}52\ kN/m^2$

- **Coeficiente de exposición** (c_e) : $Altura\ 9\ m \rightarrow\ c_e = 1{,}7$
  $Altura\ 10\ m \rightarrow\ c_e = 1{,}76$

- **Coeficiente eólico o de presión** (c_p)

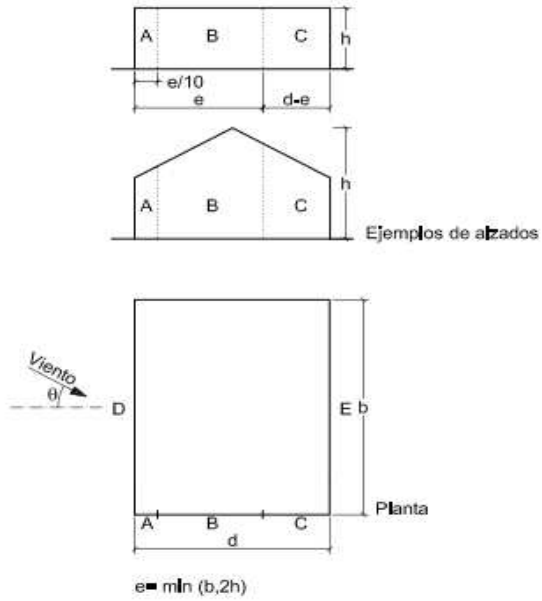
Este coeficiente no permanecerá constante, por lo que se procederá a su cálculo.

- **Coeficiente de presión exterior** (c_{pe})**:**

Para el cálculo de los coeficientes de presión exterior en la fachada de la nave se consultará el **Anejo D.3 Coeficientes de presión exterior** del DB-SE-AE, **Tabla D.3 Paramentos verticales**. En ésta tabla se encuentran los diferentes valores del coeficiente de presión exterior para la fachada de la nave en función de la dirección del viento (transversal o longitudinal).

Viento transversal

Tabla D.3 Paramentos verticales



Siendo;

- $e = \min\ (b, 2h) \rightarrow b = 56\ ,\ h = 10\ m \rightarrow e = 20\ m$
- $e/_{10} = 2\ m$
- $d = 21\ m$

A (m^2)	h/d	Zona (según figura), -45º < θ < 45º A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
0,476	≤ 0,25	"	"		0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
0,476	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	."	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3

Figura 26. *Clasificación de zonas en las fachas y valores de los coeicientes exteriores con viento transversal*

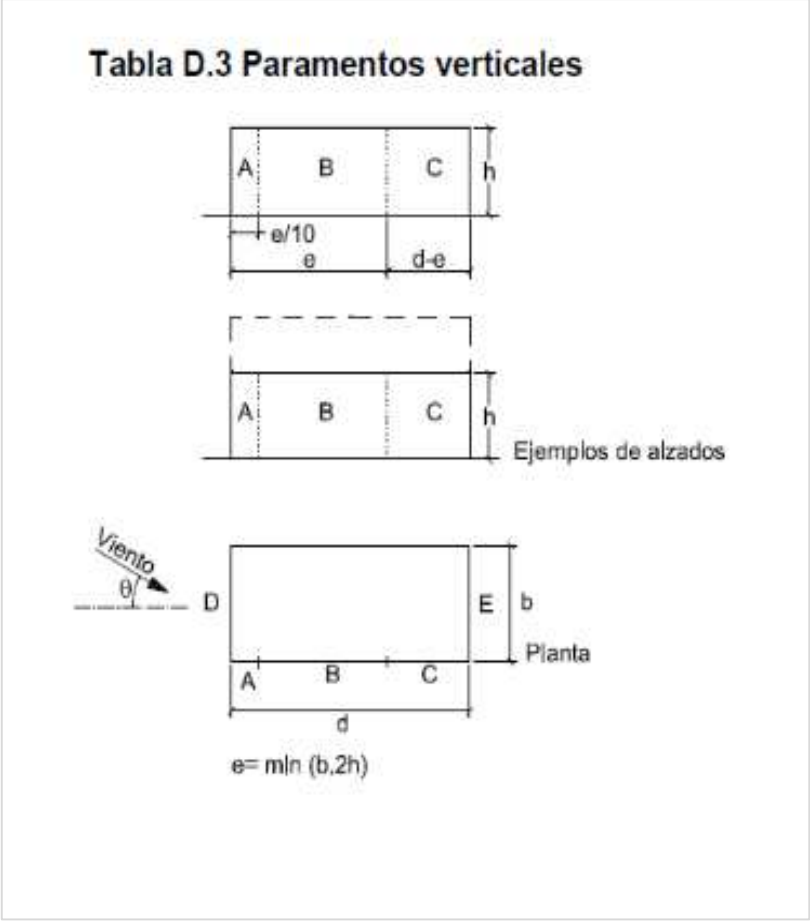
Los cerramientos de las paredes D y E tienen una altura máxima de 9,08 m, para conseguir Cp habrá que interpolar:

A	h/d	D	E
9,08	10/21=0,476	0,75	-0,36

Los cerramientos de las pareces A, B y C tendrán una atura de 10m Por lo tanto, los coeficientes Cp serán los siguientes:

A	h/d	A	B	C
10	10/21=0,476	-1,2	-0,8	-0,5

Viento longitudinal



Siendo;

- $e = \min\ (b, 2h) \rightarrow b = 21\ ,\ h = 10\ m \rightarrow e = 20\ m$
- $^{e}/_{10} = 2\ m$
- $d = 56\ m\ \rightarrow (d - e) = 36\ m$

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

Figura 27. *Clasificación de zonas en las fachas y valores de los coeicientes exteriores con viento longitudinal*

En este caso, los cerramientos de as paredes A, B y C tienen una altura máxima de 9,08 m. Para lograr el coeficiente Cp se procederá a la interpolación:

A	h/d	A	B	C
9,08	10/56=0178< 0,25	-1,22	-0,82	-0,5

A los cerramientos de las paredes D y E les corresponde una altura máxima de 10m.

A	h/d	D	E
10	10/56=0178< 0,25	0,7	-0,3

CONCLUSIONES: Viento interior

❖ Transversal

$$q_A = 0{,}52 \cdot 1.7 \cdot (-1{,}2) = -1{,}061\,\mathrm{kN/m^2}$$

$$q_B = 0{,}52 \cdot 1.7 \cdot (-0{,}8) = -0{,}707\,\mathrm{kN/m^2}$$

$$q_C = 0{,}52 \cdot 1.7 \cdot (-0{,}5) = -0{,}442\,\mathrm{kN/m^2}$$

$$q_D = 0{,}52 \cdot 1.7 \cdot (0{,}75) = 0{,}663\,\mathrm{kN/m^2}$$

$$q_E = 0{,}52 \cdot 1.7 \cdot (-0{,}36) = -0{,}318\,\mathrm{kN/m^2}$$

❖ **Longitudinal**

$q_A = 0{,}52 \cdot 1.7 \cdot (-1{,}22) = -1{,}078\,\mathrm{kN/m^2}$

$q_B = 0{,}52 \cdot 1.7 \cdot (-0{,}82) = -0{,}724\,\mathrm{kN/m^2}$

$q_C = 0{,}52 \cdot 1.7 \cdot (-0{,}5) = -0{,}442\,\mathrm{kN/m^2}$

$q_D = 0{,}52 \cdot 1.7 \cdot (0{,}7) = 0{,}62\,\mathrm{kN/m^2}$

$q_E = 0{,}52 \cdot 1.7 \cdot (-0{,}3) = -0{,}265\,\mathrm{kN/m^2}$

CONCLUSIONES: Viento exterior

▪ **Coeficiente de presión interior** (c_{pi})

El cálculo del coeficiente de presión interior no variará respecto a los cálculos realizados para la cubierta. Se hace un recordatorio de los valores de viento obtenidos para la cubierta:

❖ **Transversal**

$q_1 = 0{,}52 \cdot 1{,}3 \cdot (-0{,}5) = -0{,}338\,\mathrm{kN/m^2}$

$q_2 = 0{,}52 \cdot 1{,}3 \cdot (0{,}7) = 0{,}4732\,\mathrm{kN/m^2}$ ⟶ 2 Casos

❖ **Longitudinal**

$q_3 = 0{,}52 \cdot 1{,}3 \cdot (-0{,}5) = -0{,}338\,kN/m^2$

$q_4 = 0{,}52 \cdot 1{,}3 \cdot (-0{,}5) = -0{,}338\,kN/m^2$ ⟶ 1 Caso

CONCLUSIONES: Acción del viento

EXTERIOR

Zona	Transversal	Longitudinal
A	$-1{,}061\,\mathrm{kN/m^2}$	$-1{,}078\,\mathrm{kN/m^2}$
B	$-0{,}707\,\mathrm{kN/m^2}$	$-0{,}724\,\mathrm{kN/m^2}$
C	$-0{,}442\,\mathrm{kN/m^2}$	$-0{,}442\,\mathrm{kN/m^2}$
D	$0{,}663\,\mathrm{kN/m^2}$	$0{,}62\,\mathrm{kN/m^2}$
E	$-0{,}318\,\mathrm{kN/m^2}$	$-0{,}265\,\mathrm{kN/m^2}$

INTERIOR

❖ **Transversal**

1. Caso → $q_1 = -0{,}338\, kN/m^2$ $(Succión\ interior)$
2. Caso → $q_2 = 0{,}4732\, kN/m^2$ $(Presión\ interior)$

❖ **Longitudinal**

3. Caso → $q_3 = -0{,}338\, kN/m^2$ $(Succión\ interior)$

RESULTADOS: Totales

El valor de la acción total del viento se calculará mediante la siguiente expresión:

$$q_v = q_v^{ext} - q_v^{int}$$

Zona	Transversal		Longitudinal
	Caso	Caso	Caso
A	$0{,}723\, kN/m^2\ (S)$	$\mathbf{1{,}534\ kN/m^2\ (S)}$	$0{,}74\, kN/m^2\ (S)$
B	$0{,}369\, kN/m^2\ (S)$	$1{,}18\, kN/m^2\ (S)$	$0{,}386\, kN/m^2\ (S)$
C	$0{,}104\, kN/m^2\ (S)$	$0{,}915\, kN/m^2\ (S)$	$0{,}104\, kN/m^2\ (S)$
D	$\mathbf{1{,}001\ kN/m^2\ (P)}$	$0{,}19\, kN/m^2\ (P)$	$0{,}958\, kN/m^2\ (P)$
E	$0{,}02\, kN/m^2\ (P)$	$0{,}791\, kN/m^2\ (S)$	$0{,}073\, kN/m^2\ (P)$

3.2.4.2.2. Resumen de las acciones

➢ **Cargas permanentes**

Peso propio

$$q_{pp\|} = \mathbf{0,11}\,\frac{\mathbf{kN}}{\mathbf{m^2}}$$

➢ **Cargas variables**

Viento

$$q_{vs} = \mathbf{-1,534}\,\frac{\mathbf{kN}}{\mathbf{m^2}}$$

$$q_{vp} = \mathbf{1,001}\,\frac{\mathbf{kN}}{\mathbf{m^2}}$$

3.2.4.2.3. Combinaciones de cargas y validación del cerramiento

En este apartado se plantearán las diferentes combinaciones de carga según el Documento Básico, Seguridad Estructural (DB-SE). Se tendrán en cuenta las mismas disposiciones y se seguirán los mismos pasos que se siguieron para realizar las combinaciones de carga que afectaban a la cubierta.

La diferencia es que en este caso solo habrá combinaciones de dos componentes (peso propio y viento). Por lo tanto no se necesitará consultar el valor de los coeficientes de simultaneidad, ya que no se hará uso de ellos.

Las combinaciones que se obtienen son las siguientes:

~~1. $\gamma_G \cdot q_{pp}$~~
4. $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_{vp} \cdot q_{vp}$
5. $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_{vs} \cdot q_{vs}$

La 1º combinación será por lógica más pequeña que las dos restantes. Por lo tanto, podrá ser eliminada directamente de la lista. Seguidamente se procederá al cálculo de las dos combinaciones restantes.

4. $\boldsymbol{\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_{vp} \cdot q_{vp}}$

Perpendicular → $\gamma_{vp} \cdot q_{vp} = 1{,}5 \,.\, 1{,}001 = 1{,}5015\, kN/m^2$

Paralelo → $\gamma_G \cdot q_{pp} = 1{,}35 \,.\, 0{,}11 = 0{,}145\, kN/m^2$

5. $\boldsymbol{\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_{vs} \cdot q_{vs}}$

Perpendicular →$\gamma_{vs} \cdot q_{vs} = 1{,}5 \,.\, (-1{,}534) = \boldsymbol{-2{,}3\ kN/m^2}$

Paralelo →$\gamma_G \cdot q_{pp} = 0{,}8 \,.\, 0{,}11 = 0{,}088\, kN/m^2$

Como puede observarse, el resultado más crítico obtenido, será $-2{,}3\ \mathrm{kN/m^2}$. Se tomará el valor absoluto de dicho resultado y se hará un cambio de unidades para comprobar si el panel es capaz de soportar dicha carga.

$$\frac{2{,}3\ kN}{m^2} \cdot \frac{1000N}{1kN} \cdot \frac{1kg}{9{,}81N} = \boldsymbol{234{,}45\ \frac{kg}{m^2}} < 300\ \frac{\boldsymbol{kg}}{\boldsymbol{m^2}}$$

Por lo tanto, el panel es capaz de soportar dicha carga y la elección del cerramiento de la fachada se da por válida.

3.2.5. CORREAS

Las correas metálicas son los elementos constructivos sobre los que apoya el cerramiento de la nave. Se ha optado por colocar perfiles conformados tanto para las correas de la cubierta como para las laterales, dado su alto rendimiento y precio económico. Para una inclinación de cubierta menor del 20%, como es este caso (5º=8,75%), se aconseja el uso de correas conformadas en C, ya que son las que mejor trabajan.

Los paneles de cerramiento se sujetarán a las correas mediante tornillos autorroscantes y autotaladrantes y las correas se sujetarán a los elementos estructurales de la nave mediante ejiones.

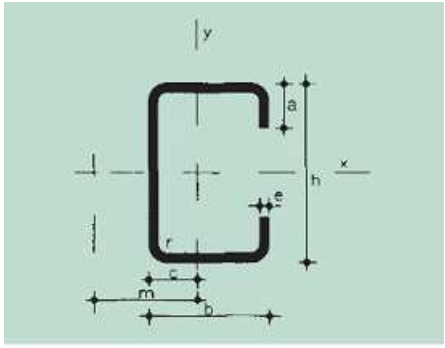


Figura 28. *Perfiles conformados en C*

Para el dimensionamiento de las correas se hará uso del **"Generador de pórticos".** Será necesario definir las acciones que actuarán sobre las correas con la opción **Datos Generales>Acciones** y las dimensiones del pórtico.

Una vez hecho esto, se procederá a la definición de una serie de datos previos, para posteriormente, llevar a cabo el cálculo.

Por un lado, siguiendo el epígrafe 4.3.3.1. del DB-SE, se limita la flecha de las correas a L/300. Por otro lado, el teorema de los tres momentos, o Clapeyron, ofrece las ventajas que tiene el hacer que las correas se calculen como vigas continuas, empotrándolas en los apoyos una a continuación de la otra. Lo que se consigue mediante estos empotramientos es reducir el máximo momento flector positivo que se aminora en consecuencia de los momentos negativos que aparecen en los apoyos y esto hace que la flecha de la correa se reduzca notablemente. A la hora de llevar a cabo el montaje se establece el compromiso de empotrar las correas una a la otra para que trabajen como una viga continua.

Por lo tanto, en el **"Generador de pórticos",** se elegirá la opción **Número de vanos>Tres vanos**, ya que el edificio contará con 8 vanos. Para

el Tipo de fijación se elige la opción **Fijación rígida**, ya que el panel sándwich se considera que tiene una rigidez sufieciente para impedir el giro de las correas y arrisotrarlas en su plano.

3.2.5.1. Correas de cubierta

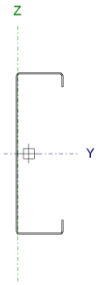
Se opta por perfiles conformados en C, distanciados a 1,75 m entre sí y a los que les corresponde un tipo de acero S235. Tras unos segundos de cálculo el programa ofrece un listado de los perfiles que cumplen las solicitaciones, acompañado por el peso propio y el aprovechamiento expresado en %.

CF 275x3 (S235)

Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. **Aprovechamiento: 88.48 %**

Perfil: CF-275x3.0
Material: S235



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)	y_q (3) (mm)	z_q (3) (mm)
20.128, 0.000, 9.156	20.128, 7.000, 9.156	7.000	13.95	1531.53	112.61	0.42	-18.63	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.
β	0.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.000	7.000	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

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

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
pésima en cubierta	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 7 m η = 88.5	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 7 m η = 22.2	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 88.5**

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_yM_z: Resistencia a flexión biaxial

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$\frac{N_tM_y}{M_z}$	$\frac{N_cM_y}{M_z}$	$\frac{NM_yM_zV_y}{V_z}$	$\frac{M_tNM_yM_zV_y}{V_z}$	

V_y: Resistencia a corte Y
V_z: Resistencia a corte Z
$N_tM_yM_z$: Resistencia a tracción y flexión
$N_cM_yM_z$: Resistencia a compresión y flexión
$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión
$M_tNM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(5) La comprobación no procede, ya que no hay 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:

$\mathbf{h}/\mathbf{t} \leq 250$ **h / t** : ***87.7*** ✓

$\mathbf{b}/\mathbf{t} \leq 90$ **b / t** : ***22.7*** ✓

$\mathbf{c}/\mathbf{t} \leq 30$ **c / t** : ***6.3*** ✓

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

$0.2 \leq \mathbf{c}/\mathbf{b} \leq 0.6$ **c / b** : *0.279*

Donde:

h: Altura del alma. **h** : *263.00* mm
b: Ancho de las alas. **b** : *68.00* mm
c: Altura de los rigidizadores. **c** : *19.00* mm
t: Espesor. **t** : *3.00* 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:

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

η : ***0.885*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 20.128, 7.000, 9.156, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(180°) H1.

$M_{v,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{v,Ed}^{+}$: *21.57* kN·m

Para flexión negativa:

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

La resistencia de cálculo a flexión **$M_{c,Rd}$** viene dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$M_{c,Rd}$: *24.38* kN·m

Donde:

W_{eff}: Módulo resistente eficaz correspondiente a la fibra de mayor tensión. W_{eff} : *108.94* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_{yb} : *235.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{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 la longitud de pandeo lateral es nula.

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 no hay momento flector.

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:

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

η : ***0.222*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 20.128, 7.000, 9.156, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(180°) H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *18.50* kN

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

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin\phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}}$$

$V_{b,Rd}$: *83.53* kN

Donde:

h_w: Altura del alma. **h_w** : *269.36* mm

t: Espesor. **t** : *3.00* mm

ϕ: Ángulo que forma el alma con la horizontal. ϕ : *90.0* 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} : *108.54* MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$$

$\bar{\lambda}_w$: *1.04*

Donde:

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *235.00* MPa

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *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: 70.25 %

Coordenadas del nudo inicial: 20.128, 0.000, 9.156
Coordenadas del nudo final: 20.128, 7.000, 9.156
El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis 1.00*G1 + 1.00*G2 + 1.00*V(180°) H1 a una distancia 3.500 m del origen en el primer vano de la correa.
(Iy = 1532 cm4) (Iz = 113 cm4)

3.2.5.2. Correas laterales

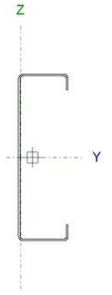
Para estas correas se opta también por perfiles conformados en C, distanciados 1,5 m entre sí y a los que les corresponde un tipo de acero S235.

CF 200x3 (S235)

Comprobación de resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 76.38 %

Perfil: CF-200x3.0
Material: S235



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)	y_g (3) (mm)	z_g (3) (mm)
0.000, 56.000, 0.750	0.000, 49.000, 0.750	7.000	10.20	588.29	45.90	0.31	-13.41	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.
β	0.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.000	7.000	0.000	0.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_1: Factor de modificac ón para el momento crí co

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$N_tM_yM_z$	$N_cM_yM_z$	$NM_yM_zV_yV_z$	$M_tNM_yM_zV_yV_z$	
pésima en lateral	b / t ≤ (b / t)Máx. Cumple	N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(3)	x: 7 m η = 76.4	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	x: 7 m η = 11.4	N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(9)	N.P.(10)	**CUMPLE η = 76.4**

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_yM_z: Resistencia a flexión biaxial
V_y: Resistencia a corte Y
V_z: Resistencia a corte Z
$N_tM_yM_z$: Resistencia a tracción y flexión
$N_cM_yM_z$: Resistencia a compresión y flexión
$NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a cortante, axil y flexión
$M_tNM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a torsión combinada con axil, flexión y cortante
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(4) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(5) La comprobación no procede, ya que no hay flexión biaxial para ninguna combinación.
(6) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	b / t	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_y	M_z	M_yM_z	V_y	V_z	$\frac{N_tM_y}{M_z}$	$\frac{N_cM_y}{M_z}$	$\frac{NM_yM_zV_y}{V_z}$	$\frac{M_tNM_yM_zV_y}{V_z}$	

[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** ≤ 250 **h / t** : ***62.7*** ✓

b/**t** ≤ 90 **b / t** : ***16.0*** ✓

c/**t** ≤ 30 **c / t** : ***4.7*** ✓

Los rigidizadores proporcionan suficiente rigidez, ya que se cumple:

0.2 ≤ **c**/**b** ≤ 0.6 **c / b** : *0.292*

Donde:

h: Altura del alma. **h** : *188.00* mm
b: Ancho de las alas. **b** : *48.00* mm
c: Altura de los rigidizadores. **c** : *14.00* mm
t: Espesor. **t** : *3.00* 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:

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

η : ***0.764*** ✓

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 el nudo 0.000, 49.000, 0.750, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(0°) H2.

$M_{y,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{y,Ed}^{-}$** : *10.06* kN·m

La resistencia de cálculo a flexión **$M_{c,Rd}$** viene dada por:

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{el} \cdot f_{yb}}{\gamma_{M0}}$$

$M_{c,Rd}$: *13.17* kN·m

Donde:

W_{el}: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra de mayor tensión. **W_{el}** : *58.83* cm³

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *235.00* MPa

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

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

η : ***0.114*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.000, 49.000, 0.750, para la combinación de acciones 0.80*G1 + 0.80*G2 + 1.50*V(0°) H2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *8.62* kN

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

$$V_{b,Rd} = \frac{\frac{h_w}{\sin\phi} \cdot t \cdot f_{bv}}{\gamma_{M0}}$$ **$V_{b,Rd}$** : *75.69* kN

Donde:

h_w: Altura del alma. **h_w** : *194.36* mm

t: Espesor. **t** : *3.00* mm

ϕ: Ángulo que forma el alma con la horizontal. ϕ : *90.0* grados

f_{bv}: Resistencia a cortante, teniendo en cuenta el pandeo.

$$\bar{\lambda}_w \leq 0.83 \rightarrow f_{bv} = 0.58 \cdot f_{yb}$$ **f_{bv}** : *136.30* MPa

Siendo:

$\bar{\lambda}_w$: Esbeltez relativa del alma.

$$\bar{\lambda}_w = 0.346 \cdot \frac{h_w}{t} \cdot \sqrt{\frac{f_{yb}}{E}}$$ $\bar{\lambda}_w$: *0.75*

Donde:

f_{yb}: Límite elástico del material base. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_{yb}** : *235.00* MPa

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *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
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Porcentajes de aprovechamiento:
- Flecha: 90.01 %

Coordenadas del nudo inicial: 0.000, 56.000, 0.750
Coordenadas del nudo final: 0.000, 49.000, 0.750
El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis 1.00*G1 + 1.00*G2 + 1.00*V(90°) H1 a una distancia 3.500 m del origen en el primer vano de la correa.
(Iy = 588 cm4) (Iz = 46 cm4)

3.2.5.3. Resultado final

La siguiente imagen muestra el resultado final obtenido en el **"Generador de Pórticos"**:

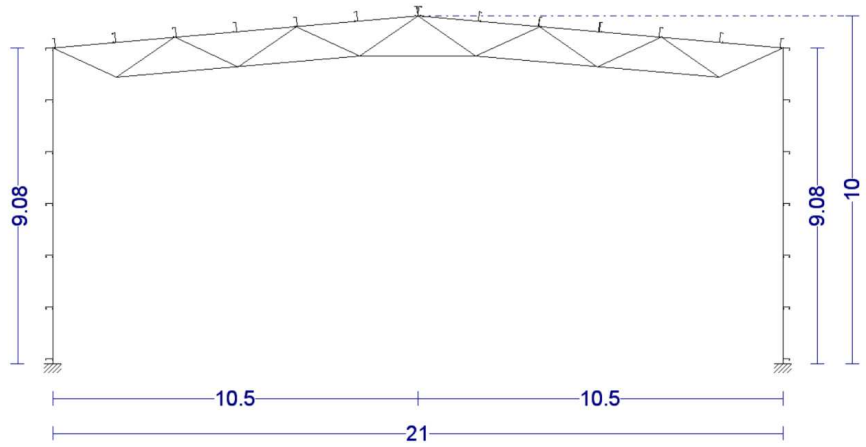


Figura 29. *Pórtico tipo obtenido en el "Generador de pórtico"*

Siendo la medición de las correas la siguiente:

Medición de correas			
Tipo de correas	Nº de correas	Peso lineal kg/m	Peso superficial kN/m²
Correas de cubierta	14	153.34	0.07
Correas laterales	14	112.13	0.05

A la hora de introducir la geometría del pórtico, se ha optado por emplear la opción de vigas en celosía, ya que se empleará una celosía que evitará el uso de vigas de cantos importantes. La información referente al tipo de celosía empleada puede consultarse en el apartado "3.2.9. ESTUDIO DE LOS PÓRTICOS" del presente documento.

3.2.6. PUENTE GRÚA

3.2.6.1. Características y datos técnicos

La nave contará con un puente grúa de 42 m de recorrido, luz entre carriles de 21m y una capacidad de carga de 10 tn. Se ha seleccionado el puente grúa **tipo birrail modelo ZLK** de la marca **ABUS**.

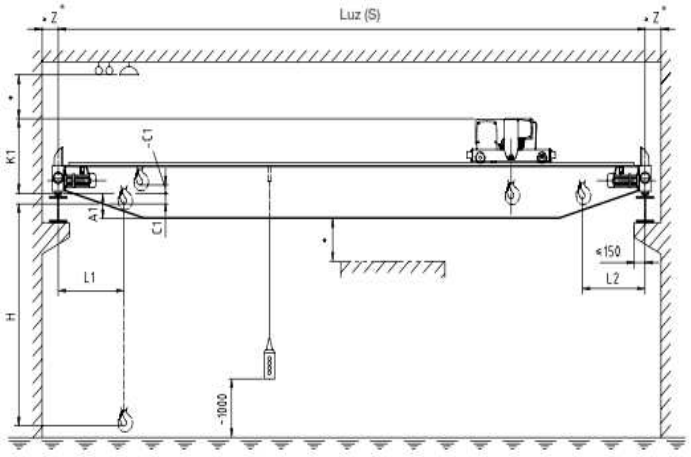
Sus observaciones generales respecto al diseño pueden consultarse en la ficha técnica y se resumen en las siguientes:

Observaciones generales respecto al diseño					
Diseño básico	DIN 15018, H2/B3 funcionamiento en interior, sin pasarela en la grúa sin cabina del conductor tensión de funcionamiento 400 V / 50 Hz				
Velocidades de traslación de la grúa	EDL : 7.5/30 m/min ELV / ELK / ZLK : 10/40 m/min				
Velocidades de traslación del carro	ELV / ELK / EDL / ZLK : 5/20 m/min Estándar – están disponibles otras velocidades				
Flecha	<= 1/750 de la luz				
Frecuencias naturales	ELV / EDL : >= 2.5 Hz ELK / ZLK : véase abajo				
	S [m] <=	23.0	25.0	28.0	32.0
	FE [Hz] >=	2.5	2.4	2.3	2.2

Las medidas A1, C1 y K1 se pueden cambiar para ajustarlas a las condiciones del edificio de cada caso concreto, simplemente elevando la parte inferior de la viga principal hasta la parte inferior del testero.

Para efectuar mediciones de exactitud, rogamos póngase en contacto con ABUS

Puente grúa birraíl ZLK



* Distancia de seguridad de acuerdo a las regulaciones nacionales de cada país.

Figura 30. *Observaciones y medidas del modelo "Puente grúa birrail ZLK" de ABUS*

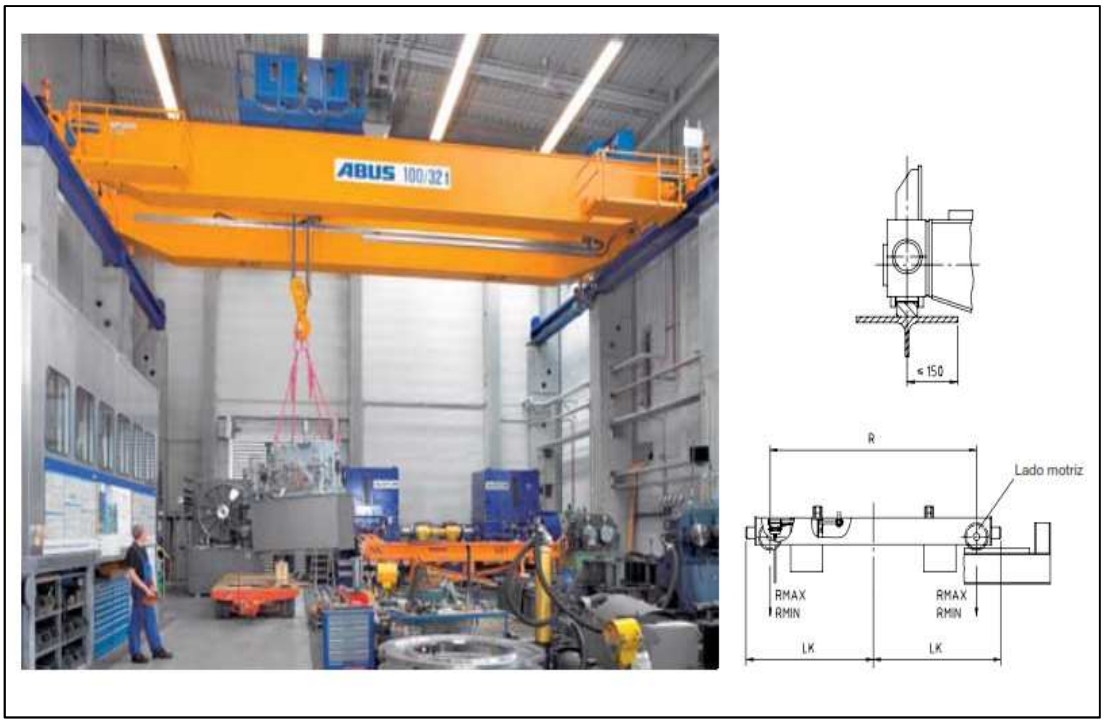


Figura 31. *Medidas del modelo "Puente grúa birrail ZLK" de ABUS*

El fabricante, ABUS, no dispone de un puente grúa para una luz de 21 m en su catálogo. Por lo tanto, se escogerá la luz de 22 m y posteriormente se mandará cortar. Si el puente grúa está diseñado para aguantar una luz de 22 m, aguantará también una de 21 m.

El modelo seleccionado, puente grúa birrail ZLK de ABUS de 10 tn, presenta las siguientes características:

Carga, Polipasto [1]	S [2] m	A1 mm	K1 mm	C1 mm	L1 mm	L2 mm	Z min mm	Hmax [2] mm	R mm	LK mm	Carga rueda kN R max	Carga rueda kN R min
10 000 kg Polipasto de cable GM 3100 H6 FEM 2m Polipasto V = 0.8/5 m/min	10	260	900	-30	760	760	170	10000	2700	1620	55.6	10.5
	14	360	900	-30	760	760	170	10000	2700	1645	60.0	12.5
	16	460	900	-30	760	760	170	10000	2900	1745	62.8	14.6
	18	460	900	-30	760	760	170	10000	2900	1745	64.5	15.7
	20	500	960	-90	760	760	180	10000	2900	1765	67.8	18.6
	22	500	960	-90	760	760	180	10000	3200	1950	71.0	21.4
	24	700	960	-90	760	760	180	10000	3800	2250	76.0	26.0
	26	700	960	-90	760	760	180	10000	3800	2250	78.0	27.8
	28	700	960	-90	760	760	180	10000	4600	2650	82.7	32.1
	30	660	1010	-140	760	760	180	10000	4600	2715	91.7	40.8
	32	900	1010	-140	760	760	180	10000	5100	2965	95.1	43.9
	34	900	1010	-140	760	760	180	10000	5100	3005	101.0	49.2

Figura 32. *Características y medidas del puente grúa birrail ZLK de 10 tn*

- Luz: 22m
- Capacidad: 10tn
- Longitud total entre topes (L_K+L_K): 3900mm
- Distancia entre ruedas(R): 3200mm
- Distancia máxima vertical del gancho (H): 10000mm
- Carga máxima rueda: 71kN
- Carga mínima rueda: 21,4Kn
- Velocidad máxima del puente: 20m/min (media)
- Velocidad máxima del carro: 15m/min (alta)

3.2.6.2. Acciones que intervienen en el puente grúa

El cálculo de las acciones que ejerce el puente grúa están basadas en la Norma **UNE 76201-88**, **"Construcciones metálicas, Caminos de rodadura de puentes grúa, Bases de cálculo"**.

➢ **Clasificación de los puentes grúa**

Todo puente grúa se proyecta para cumplir unos requisitos prefijados, entre los que son de destacar su vida de servicio y la secuencia de variación aleatoria del valor de las diferentes cargas, izadas durante tal vida. La norma UNE 58-112 recoge una clasificación global de los aparatos de elevación por grupos. En la Tabla 1 se presenta, una lista de grúas clasificadas en función de sus utilizaciones más corrientes.

La nave en la que se ubicará el puente grúa está destinada a taller. Por lo que la existencia de un puente grúa que facilite las labores de craga y descarga de camiones y el manejo de materiales y productso resulta indispensable.

El polipasto contará con un gancho donde poder enganchar los diferentes materiales y objetos que sean necesarios mover de un lado a otro (perfiles metálicos, chapas, barandillas, maquinaria, etc.). La distancia máxima que dicho gancho será capaz de recorrer, serán 10 m, distancia considerada más que suficiente, ya que el puente grúa se ubicará a 6,75 m del suelo.

Como se observa en la tabla inferior (Tabla 1), la **condición de utilización** del puente grúa será la **B**, las **condiciones de carga** serán **2-3** y este pertenecerá al **grupo 3-4**.

Tabla 1
Ejemplo de clasificación de los aparatos de elevación

Denominación	Condiciones de utilización	Condiciones de carga	Grupo
Puente grúa de central	A	1-2	1-2
Puente grúa de montaje y desmontaje para sala de máquinas	A	2-3	2-3
Puente grúa de almacén	B-C	2-3	3-4-5-6
Puente grúa de taller con gancho	B	2-3	3-4
Puente grúa con cuchara	B-C-D	4	5-6-7-8
Puente grúa para parque de chatarra o puente con electroimán*	B-C	4	5-6-7-8
Puente de colada*	B	4	5-6
Puente rompe-fundición*	B-C	4	5-6-7-8
Puente para deslingotar*	C-D	4	7-8
Puente para hornos de fosa*	B-C	4	5-6-7-8
Puente cargador de hornos*	C-D	4	5-6-7-8
Puente para forja*	C-D	4	5-6-7-8
Pórtico con gancho para servicio de parque de material	B-C	3	4-5-6
Pórtico con cuchara	B-C-D	4	5-6-7-8
Pórtico con gancho para descarga o carga sobre vehículo	B-C	3	4-5-6
Pórtico para almacén	B-C-D	4	5-6-7-8
Pórtico para desmontaje de material	A-B	2-3	2-3-4
Grúa para desmontaje y montaje de material	A-B	2-3	2-3-4
Grúa con gancho	B-C	3	4-5-6
Grúa con cuchara	B-C-D	4	5-6-7-8
Grúa de dique	B	3-4	4-5-6
Grúa de puerto con gancho	B-C	3	4-5-6
Grúa de puerto con cuchara	B-C	4	5-6-7-8
Grúa para servicio excepcional	A	1-2	1-2
Grúa flotante con gancho	A-B	3	3-4
Grúa flotante con cuchara	A-B	4	4-5-6
Grúa de astillero	A-B	3	3-4
Grúa de reparación sobre vía férrea	A	2-3	2-3
Grúa de a bordo	B	3-4	4-5-6
Grúa velocípeda automóvil	B-C	3	4-5-6
Grúa derrick	A-B	3	3
Monocarril (según utilización)			4-5-6-7-8
Pórtico y puente para contenedores	B-C	3	4-5-6

* Puente especial.

Figura 33. *Clasificación de los aparatos de elevación*

➢ Condiciones de utilización

En función del número convencional máximo de ciclos de maniobra, N_m, que el puente grúa debe cumplir durante su vida de servicio, se establecen las siguientes diez condiciones de utilización, plasmadas en la Tabla 2.

Tabla 2
Condiciones de utilización

Condiciones de utilización	Número convencional de ciclos de maniobra, Nm	Observaciones
U_0	$1,6 \times 10^4$	Utilización ocasional
U_1	$3,2 \times 10^4$	
U_2	$6,3 \times 10^4$	
U_3	$1,25 \times 10^5$	
U_4	$2,5 \times 10^5$	Utilización regular en servicio ligero
U_5	5×10^5	Utilización regular en servicio intermitente
U_6	1×10^6	Utilización regular en servicio intensivo
U_7	2×10^6	Utilización intensiva
U_8	4×10^6	
U_9	Más de 4×10^6	

Figura 34. *Condiciones de utilización de los puentes grúa*

El uso del puente grúa será regular pero con servicio intermitente, es decir, con periodos de parada. Por tanto, se asignará la condición de utilización **U_5**, al que le corresponde un valor convencional de ciclos de maniobra (N_m) de $5x10^5$.

➢ Condiciones de carga

Las condiciones de carga se definen en función de la relación prevista entre las cargas que el puente grúa debe soportar normalmente en servicio y su carga nominal. En la siguiente tabla, tabla 3, se recogen las cuatro condiciones de carga (Q_1, Q_2, Q_3, y Q_4), empleadas en el ámbito de la presente norma.

Tabla 3
Condiciones de carga

Condiciones de carga	Parámetro del espectro, K_Q	Observaciones
Q1 – Ligero	0,125	Aparato que levanta raramente la carga útil y corrientemente cargas muy pequeñas.
Q2 – Moderado	0,25	Aparato que levanta con bastante frecuencia la carga útil y corrientemente cargas pequeñas.
Q3 – Pesado	0,50	Aparato que levanta con bastante frecuencia la carga útil y corrientemente cargas medianas.
Q4 – Muy pesado	1,00	Aparato que corrientemente maneja cargas próximas a la carga útil

Figura 35. *Condiciones de carga de los puentes grúa*

Se considerara la condición de carga **Q_2-Moderado**, ya que se supone que el puente grúa levantará con bastante frecuencia la carga máxima y con menor frecuencia cargas más pequeñas.

➢ Grupo

En función de las condiciones de utilización y las de carga, definidas en los apartados anteriores, se clasificarán los puentes grúa en ocho grupos, definidos en la Tabla 4:

Tabla 4
Clasificación de los puentes grúa

Condiciones de carga	Condiciones de utilización									
	U_0	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8	U_9
Q1 – Ligero	1	1	1	2	3	4	5	6	7	8
Q2 – Moderado	1	1	2	3	4	5	6	7	8	8
Q3 – Pesado	1	2	3	4	5	6	7	8	8	8
Q4 – Muy Pesado	2	3	4	5	6	7	8	8	8	8

Figura 36. *Clasificación de los puentes grúa*

Teniendo en cuenta las condiciones de utilización y las de carga supuestas en los apartados anteriores, el puente grúa pertenecerá al grupo 5.

➢ Coeficiente de efectos dinámico vertical

Tabla 5
Valor del coeficiente de efectos dinámicos vertical

Grupo	Viga carrilera		Soportes	
	máx	red	máx	red
1 y 2	1,1	1,1	1,0	1,0
3 y 4	1,15	1,1	1,0	1,0
5 y 6	1,25	1,1	1,1	1,0
7 y 8	1,35	1,1	1,2	1,0

Figura 37. *Valor del coeficiente de efectos dinámicos vertical*

Como el puente grúa pertenece al grupo 5, le corresponden unos coeficientes de mayoracion de efectos dinámicos verticales de 1,25 para el cálculo de la viga carril y de 1,1 para el cálculo de los soportes.

➢ **Acciones verticales de las ruedas del puente grúa**

Las acciones de las ruedas del puente en movimiento se obtienen a partir de las acciones estáticas máximas correspondientes, multiplicándolas por un coeficiente de efectos dinámicos. Con la notación establecida:

$$V_d = \varphi \cdot V$$

La Tabla 5 recoge los valores del coeficiente de efectos dinámicos vertical (φ) correspondiente a los distintos grupos de puentes grúa, tanto para la vigas del camino de rodadura, como para los soportes de las mismas.

Cabe destacar que, cuando sobre una viga carril, actúe simultáneamente más de un puente grúa, se aplicará el valor reducido de efectos dinámicos. En el caso del presente edificio, se instalará un único puente grúa, por lo que, no se dará esta situación.

Los inconvenientes provenientes de un mal estado del camino de rodadura, juntas defectuosas, carriles sin el necesario grado de fijación, o del mal estado de las ruedas, ruedas aplanadas, etc. son imposibles de tener en cuenta y reflejarlos en un coeficiente. Por lo que, los valores de la Tabla 5 corresponden al caso de que tanto el carril, como las ruedas estén en buen estado y que las maniobras se efectúen con normalidad.

Las solicitaciones verticales generadas en la viga son las siguientes:

$F_{V\,max} = 1{,}25 \cdot 2 \cdot 71 = 177{,}5kN$

$F_{V\,min} = 1{,}25 \cdot 2 \cdot 21{,}4 = 53{,}5kN$

Es decir, la solicitación vertical máxima que se generará en la viga, será la carga máxima de las ruedas del puente grúa, multiplicada por dos, ya que el carro contará con 4 ruedas, y multiplicada por el coeficiente de efectos dinámicos.

El cálculo de la solicitación vertical mínima, se realizará de igual forma, pero teniendo en cuenta la carga mínima de las ruedas del puente grúa.

Y las generadas en el pilar serán las siguientes, calculadas de igual manera que las anteriores, pero teniedno en cuenta los coeficientes de efectos dinámicos que corresponden a soportes:

$F_{V\,max} = 1{,}1 \cdot 2 \cdot 71 = 156{,}2kN$

$F_{V\,min} = 1{,}1 \cdot 2 \cdot 21{,}4 = 47{,}08kN$

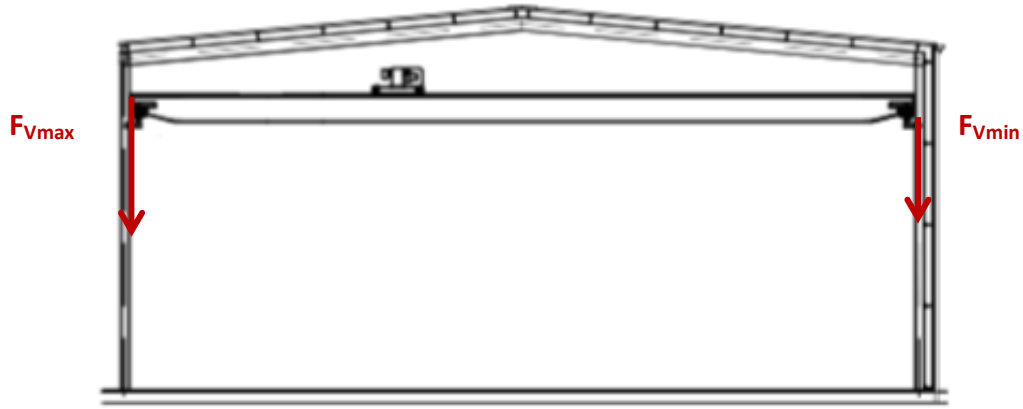


Figura 38. *Fuerzas verticales que ejerce el puente grúa*

➢ **Acciones horizontales longitudinales**

a) Acciones sobre los carriles de traslación del puente

La aceleración, o el frenado, del movimiento de traslación del puente conduce a la aparición de acciones longitudinales aplicadas a las cabezas de los carriles. Estas fuerzas horizontales, que las llantas de las ruedas motrices del puente ejercen sobre el carril, se calcularán en función de la aceleración, o deceleración, máximas que se produzcan en servicio normal.

Si los valores de las aceleraciones y deceleraciones no fueran dados por el constructor de la grúa o impuestos por el usuario, se podrá fijar, a título indicativo, en función de la velocidad del movimiento y de las tres condiciones de explotación siguientes:

1) Aparatos de velocidad lenta y aparatos de velocidad media con grandes recorridos
2) Aparatos de velocidad media y rápida de aplicación corriente
3) Aparatos de velocidad rápida con fuertes aceleraciones

La Tabla 6 recoge los valores medios de las aceleraciones y deceleraciones, para las tres condiciones de explotación.

Cuando se desconozca la velocidad del movimiento del puente, se adoptara $0{,}4\ \mathrm{m}/s^2$ como valor medio de la aceleración.

El valor medio de la resultante de las acciones longitudinales de aceleración de un puente estará limitado por la adherencia entre las ruedas motrices y los carriles.

Para el cálculo de la viga carril y sus vínculos a la estructura se adoptará:

$$\sum H_{lmax} = (Q + C + P) \cdot (w + \frac{2j_p}{g}) \leq (Q + C + P) f k_p$$

Debiendo tomarse como valor del coeficiente de adherencia:

$f = 0{,}12$ en caminos de rodadura húmedos

$f = 0{,}2$ en caminos secos

Se considerará que la carga se halla en su posición más elevada, y no se tendrá en cuenta su oscilación. Las acciones longitudinales se considerarán repartidas por igual en los dos carriles, siempre que su valor no esté limitado por la adherencia entre rueda y carril. En caso contrario, se repartirá en dos fuerzas desiguales, de la manera siguiente:

Reacción longitudinal menor:

$$H_{l2} = f k_p \cdot \sum V_2$$

Reacción longitudinal mayor:

$$H_{l1} = H_{lmax} - H_{l2}$$

Siendo $\sum V_2 = \sum V_{min}$ la suma de las acciones verticales estáticas ejercidas por las ruedas de la viga testera menos cargada.

Para el cálculo de los soportes se adoptará:

$$H_l = 0{,}2 \cdot \sum V \cdot k_p$$

Siendo $\sum V$ la suma de todas las acciones estáticas ejercidas por las ruedas de la viga testera correspondiente.

Se llevará a cabo el cálculo con la formula mencionada anteriormente:

$$\sum H_{lmax} = (Q + C + P) \cdot (w + \frac{2j_p}{g}) \leq (Q + C + P) f k_p$$

Donde;

Q Carga, la carga máxima de elevación serán $100kN$.

C Carro

P Puente

j_p Aceleración media, según la Tabla 6 “Valores medios de las aceleraciones y deceleraciones”.

Para obtener dicha aceleración, es necesario conocer la velocidad máxima del puente, que en este caso será $20\,\mathrm{m/min}$, es decir, $0{,}33\,\mathrm{m/s}$. Para un valor de velocidad máxima (media) de $0{,}33\,\mathrm{m/s}$, le corresponde una aceleración media (j_p) de $0{,}088\,\mathrm{m/s^2}$, valor que se logra interpolando entre los valores indicados en la tabla inferior (Taba 6).

Tabla 6
Valores medios de las aceleraciones y deceleraciones

Velocidad m/s	1 Velocidad lenta y media con gran recorrido		2 Velocidad media y rápida (aplicaciones corrientes)		3 Velocidad rápida con fuertes aceleraciones	
	Duración de la aceleración s	Aceleración media m/s²	Duración de la aceleración s	Aceleración media m/s²	Duración de la aceleración s	Aceleración media m/s²
4,00			8,0	0,50	6,0	0,67
3,15			7,1	0,44	5,4	0,58
2,50			6,3	0,39	4,8	0,52
2,00	9,1	0,22	5,6	0,35	4,2	0,47
1,60	8,3	0,19	5,0	0,32	3,7	0,45
1,00	6,6	0,15	4,0	0,25	3,0	0,33
0,63	5,2	0,12	3,2	0,19		
0,40	4,1	0,098	2,5	0,16		
0,25	3,2	0,078				
0,16	2,5	0,064				

0,33 m/s

Figura 39. *Valores medios de las aceleraciones y deceleraciones de los puentes grúa*

f Coeficiente de adherencia (fricción). Como se ha mencionado anteriormente, existen dos casos; en este caso, se escogerá el valor de caminos de rodadura secos, $f = 0{,}2$.

k_p Es la relación entre el nº de ruedas motrices y el nº total de ruedas, que en este caso es el siguiente:

$$k_p = \frac{nº\ ruedas\ motrices}{nº\ total\ ruedas} = \frac{2}{4} = 0{,}5$$

Es decir, en este caso, el número total de ruedas serán 4 y de ellas únicamente la mitad serán motrices. Se obtiene así, como coeficiente $k_p = 0{,}5$.

Se introducen los parámetros calculados en la expresión de la fuerza longitudinal y se comprueba la condición:

$$\sum H_{lmax} = (Q + C + P) \cdot (w + \frac{2j_p}{g}) \leq (Q + C + P) f k_p$$

$$(1{,}1 \cdot 2 \cdot 71 + 1{,}1 \cdot 2 \cdot 21{,}4) \cdot \left(\frac{2 \cdot 0{,}088}{9{,}81}\right) \leq (1{,}1 \cdot 2 \cdot 71 + 1{,}1 \cdot 2 \cdot 21{,}4) \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}5$$

$$3{,}64kN \leq 20{,}33kN$$

Como la expresión se cumple, se continuará con el cálculo, siempre considerando la situación más desfavorable. A continuación, se procederá al cálculo de la fuerza longitudinal máxima y la mínima:

$$F_{lmax} = F_{Vmax} \cdot \frac{2j_p}{g} = 156{,}2 \cdot \frac{2 \cdot 0{,}088}{9{,}81} = 1{,}4kN$$

$$F_{lmin} = F_{Vmin} \cdot \frac{2j_p}{g} = 47{,}08 \cdot \frac{2 \cdot 0{,}088}{9{,}81} = 0{,}84kN$$

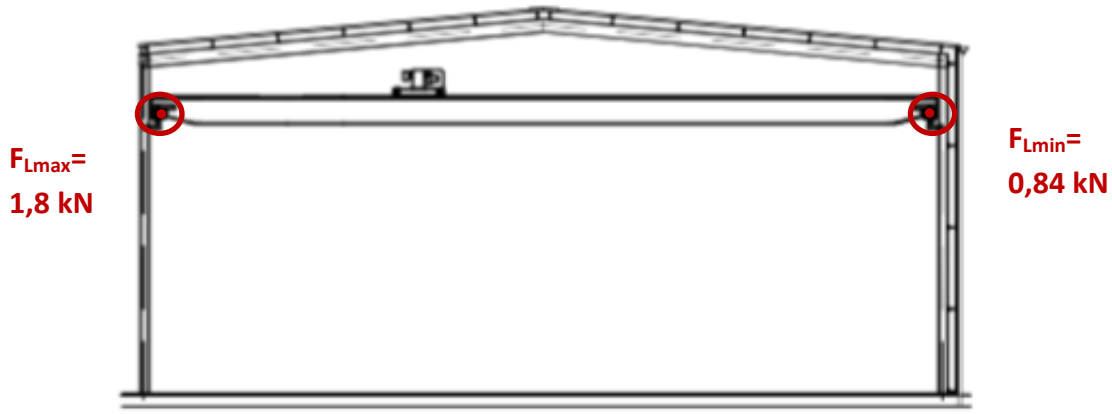


Figura 40. *Fuerzas longitudinales que ejerce el puente grúa*

- **Aceleraciones horizontales transversales sobre los carriles de traslación del puente**

a) Acciones H_C debidas a la aceleración o deceleración del carro

La aceleración, o deceleración, del movimiento de traslación del carro conduce a la aparición de acciones horizontales transversales al camino de rodadura. Estas fuerzas transversales se calcularán en función de la aceleración, deceleración, máximas que se produzcan en un servicio normal.

El valor de la fuerza total de aceleración del carro estará limitado por la adherencia entre las ruedas motrices y los carriles de las vigas puente.

El valor de la aceleración media positiva o negativa es un dato que debe proporcionar el constructor de la grúa, o fijar el usuario. En caso de no ser conocido, podrán utilizarse a título indicativo los valores que se dan en la Tabla 6, para aplicaciones corrientes. Cuando se desconozca la velocidad del movimiento, se adoptará $0{,}4\ m/s^2$ como aceleración media.

Para el cálculo de la viga carril y de sus vínculos a la estructura de soporte se tomará:

$$\sum H_{cmax} = (Q + C) \cdot (w + \frac{2j_p}{g}) \leq (Q + C) \cdot f \cdot k_p$$

Siendo los valores de los coeficientes de adherencia los cálculados anteriormente.

Donde;

Q Carga, la carga máxima de elevación serán $100kN$.

C Carro, se consultará dicho valor en la Tabla inferior A-2, “Pesos, acciones de ruedas y factor de resistencia por fricción”. Teniendo en cuenta los siguientes datos: fuerza de elevación $100kN$ y grupo 5; se conseguirá el peso del carro, que será de $45kN$.

j_p Aceleración media, según la Tabla 6

Para obtener dicha aceleración, es necesario conocer la velocidad máxima del carro, que en este caso será $15\ m/min$, es decir, $0{,}25\ m/s$.

Para un valor de velocidad máxima de carro (alta) de $0{,}33\ m/s$, le corresponde una aceleración media (j_p) de $0{,}078\ m/s^2$, valor que se logra consultando la tabla inferior (Taba 6).

Tabla 6
Valores medios de las aceleraciones y deceleraciones

Velocidad m/s	1 Velocidad lenta y media con gran recorrido		2 Velocidad media y rápida (aplicaciones corrientes)		3 Velocidad rápida con fuertes aceleraciones	
	Duración de la aceleración s	Aceleración media m/s²	Duración de la aceleración s	Aceleración media m/s²	Duración de la aceleración s	Aceleración media m/s²
4,00			8,0	0,50	6,0	0,67
3,15			7,1	0,44	5,4	0,58
2,50			6,3	0,39	4,8	0,52
2,00	9,1	0,22	5,6	0,35	4,2	0,47
1,60	8,3	0,19	5,0	0,32	3,7	0,45
1,00	6,6	0,15	4,0	0,25	3,0	0,33
0,63	5,2	0,12	3,2	0,19		
0,40	4,1	0,098	2,5	0,16		
0,25	3,2	0,078				
0,16	2,5	0,064				

Figura 41. *Valores medios de las aceleraciones y deceleraciones de los puentes grúa*

f Coeficiente de adherencia (fricción). Como se ha mencionado anteriormente, existen dos casos; se continuará con el valor elegido, correspondiente a caminos de rodadura secos, donde $f = 0{,}2$.

k_p Es la relación entre el nº de ruedas motrices y el nº total de ruedas, que por los mismos motivos será el mismo que el calculado anteriormente :

$$k_p = \frac{nº\ ruedas\ motrices}{nº\ total\ ruedas} = \frac{2}{4} = 0{,}5$$

Se introduce el valor de los parámetros calculados en la expresión de la fuerza transversal y se procede a su comparación:

$$\sum H_{cmax} = (Q + C) \cdot (w + \frac{2j_p}{g}) \leq (Q + C) \cdot f \cdot k_p$$

$$H_{cmax} = (100kN + 45kN) \cdot \left(\frac{2 \cdot 0{,}078}{9{,}81}\right) \leq (100kN + 45kN) \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}5$$

$$H_{cmax} = 2{,}3kN \leq 14{,}5kN$$

La condición se cumple, por lo tanto, se continuará con el cálculo.

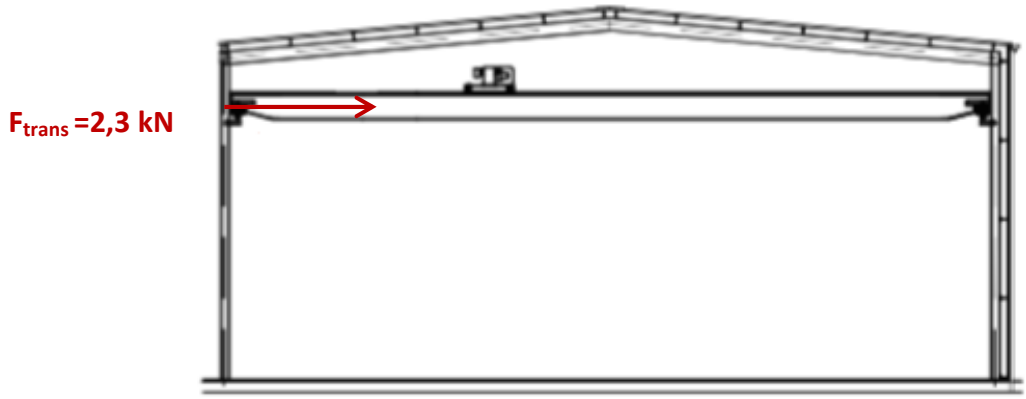


Figura 42. *Fuerzas transversales que ejerce el puente grúa*

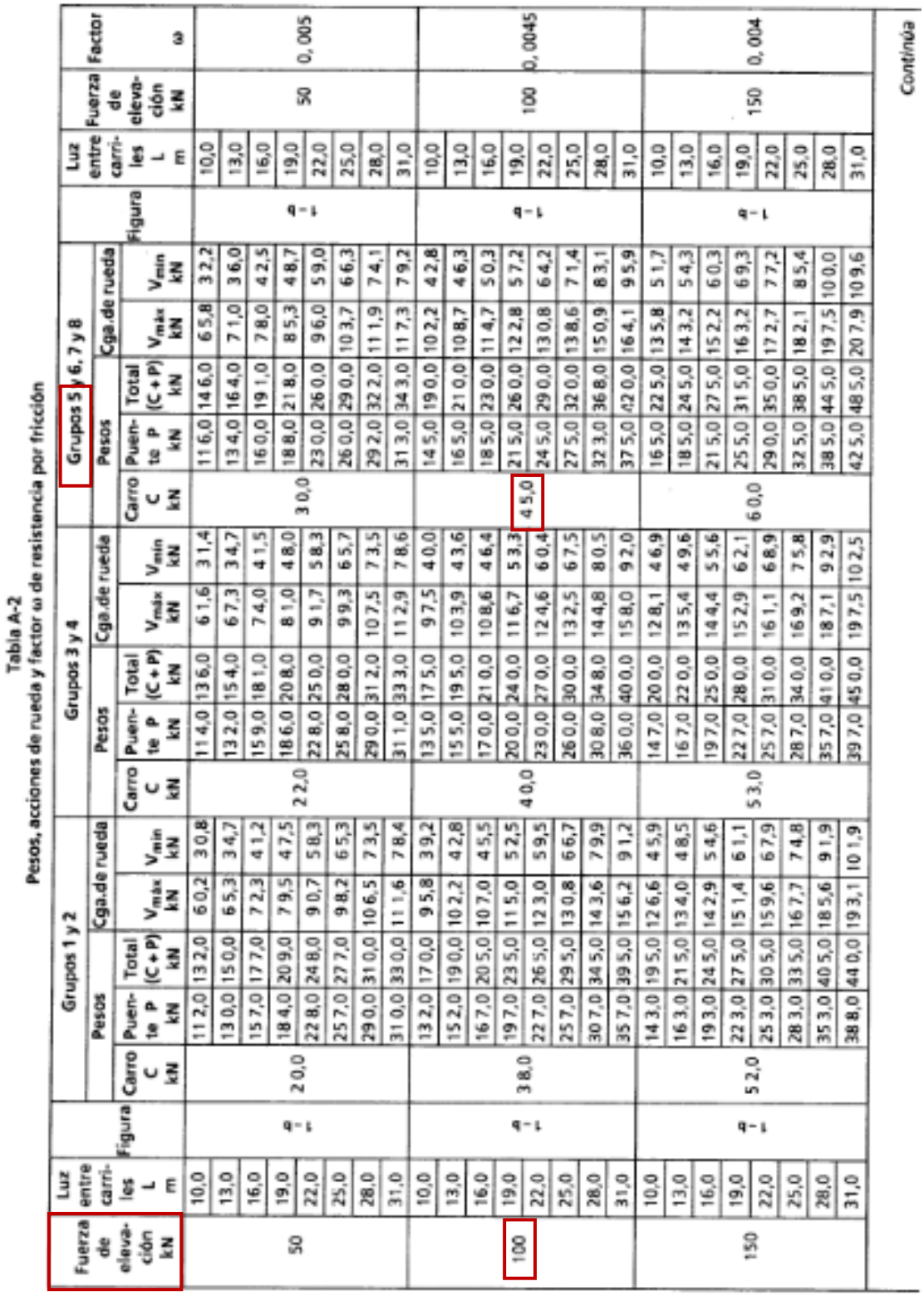


Tabla A-2
Pesos, acciones de rueda y factor ω de resistencia por fricción

Fuerza de elevación kN	Luz entre carriles L m	Figura	Grupos 1 y 2				Grupos 3 y 4				Grupos 5 y 6, 7 y 8				Factor ω
			Carro C kN	Pesos	Cga.de rueda		Carro C kN	Pesos	Cga.de rueda		Carro C kN	Pesos	Cga.de rueda		
				Puente P kN	Total (C+P) kN	$V_{máx}$ kN		Puente P kN	Total (C+P) kN	$V_{máx}$ kN		Puente P kN	Total (C+P) kN	$V_{máx}$ kN	$V_{mín}$ kN	
50	10,0	a – i	20,0	112,0	132,0	60,2	22,0	114,0	136,0	61,6	30,0	116,0	146,0	65,8	32,2	0,005
	13,0			130,0	150,0	65,3		132,0	154,0	67,3		134,0	164,0	71,0	36,0	
	16,0			157,0	177,0	72,3		159,0	181,0	74,0		160,0	191,0	78,0	42,5	
	19,0			184,0	209,0	79,5		186,0	208,0	81,0		188,0	218,0	85,3	48,7	
	22,0			228,0	248,0	90,7		228,0	250,0	91,7		230,0	260,0	96,0	59,0	
	25,0			257,0	277,0	98,2		258,0	280,0	99,3		260,0	290,0	103,7	66,3	
	28,0			290,0	310,0	106,5		290,0	312,0	107,5		292,0	322,0	111,9	74,1	
	31,0			310,0	330,0	111,6		311,0	333,0	112,9		313,0	343,0	117,3	79,2	
100	10,0	a – i	38,0	132,0	170,0	95,8	40,0	135,0	175,0	97,5	45,0	145,0	190,0	102,2	42,8	0,0045
	13,0			152,0	190,0	102,2		155,0	195,0	103,9		165,0	210,0	108,7	46,3	
	16,0			167,0	205,0	107,0		170,0	210,0	108,6		185,0	230,0	114,7	50,3	
	19,0			197,0	235,0	115,0		200,0	240,0	116,7		215,0	260,0	122,8	57,2	
	22,0			227,0	265,0	123,0		230,0	270,0	124,6		245,0	290,0	130,8	64,2	
	25,0			257,0	295,0	130,8		260,0	300,0	132,5		275,0	320,0	138,6	71,4	
	28,0			307,0	345,0	143,6		308,0	348,0	144,8		323,0	368,0	150,9	83,1	
	31,0			357,0	395,0	156,2		360,0	400,0	158,0		375,0	420,0	164,1	95,9	
150	10,0	a – i	52,0	143,0	195,0	126,6	53,0	147,0	200,0	128,1	60,0	165,0	225,0	135,8	51,7	0,004
	13,0			163,0	215,0	134,0		167,0	220,0	135,4		185,0	245,0	143,2	54,3	
	16,0			193,0	245,0	142,9		197,0	250,0	144,4		215,0	275,0	152,2	60,3	
	19,0			223,0	275,0	151,4		227,0	280,0	152,9		255,0	315,0	163,2	69,3	
	22,0			253,0	305,0	159,6		257,0	310,0	161,1		290,0	350,0	172,7	77,2	
	25,0			283,0	335,0	167,7		287,0	340,0	169,2		325,0	385,0	182,1	85,4	
	28,0			353,0	405,0	185,6		357,0	410,0	187,1		385,0	445,0	197,5	100,0	
	31,0			388,0	440,0	193,1		397,0	450,0	197,5		425,0	485,0	207,9	109,6	

Continúa

Figura 43. *Pesos, acciones de rueda y factor de resistencia por fricción de los puentes grúa*

3.2.6.3. Situaciones posibles debidas al puente grúa

A continuación, se estudiarán las diferentes situaciones que se darán en el puente grúa, para poder estimar las fuerzas que se producirán. Cabe destacar que el puente y el carro no se moverán a la vez, es decir, si el puente se mueve el carro permanecerá quieto y viceversa. Por lo tanto, se estudiará el movimiento únicamente de uno de ellos en cada situación.

En primer lugar, se estudiarán las fuerzas que crea la carga que cuelga del carro, que se desplaza sobre el puente grúa y que actuará sobre tres elementos: viga carril, pilares y entramado lateral.

- **En las vigas carril:**

  Vertical: Generadas por el propio peso de las vigas carril y por la carga vertical.

  Transversal: Generadas por el frenado del carro.

  Longitudinal: Generadas por el frenado del puente grúa.

- **En los pilares soldados a la ménsula donde apoyará la viga carril:**

  Vertical: Generadas por el propio peso de las vigas carril y por la carga vertical.

  Transversal: Generadas por el frenado del carro.

- **En el entramado lateral:**

  Longitudinal: Generadas por el frenado del puente grúa.

A continuación se estudiarán las diferentes situaciones que podrán darse:

❖ **Situación 1 – Puente en movimiento y carro parado**

En este caso, el carro permanecerá parado mientras que el puente estará en movimiento. Por lo tanto, aparecerán cargas longitudinales, debidas al frenado del puente; y cargas verticales, debidas a los pesos de la carga y los elementos que componen el puente grúa.

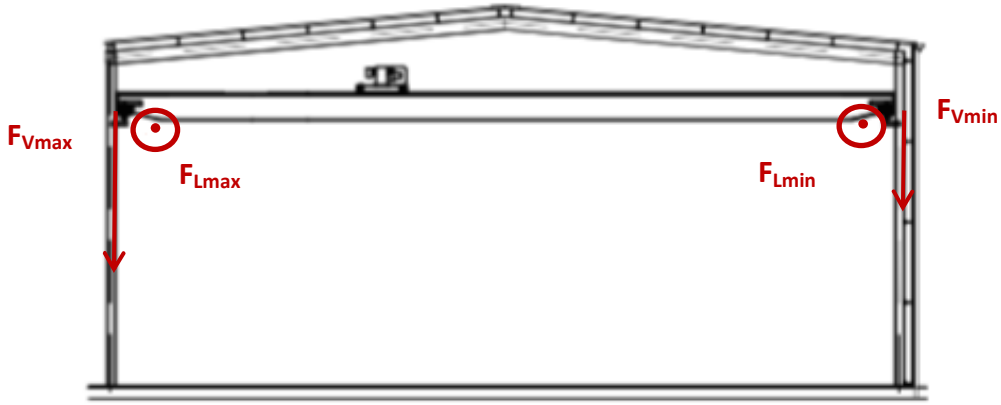


Figura 44. *Situación 1 del puente grúa*

❖ Situación 2 – Puente parado y carro en movimiento

Este caso, será el caso contrario. Es decir, el carro estará en movimiento mientras que el puente permanecerá parado. Por lo tanto, aparecerán fuerzas transversales, debidas al frenado del carro; y fuerzas longitudinales, debidas a los pesos propios de los elementos que forman el puente.

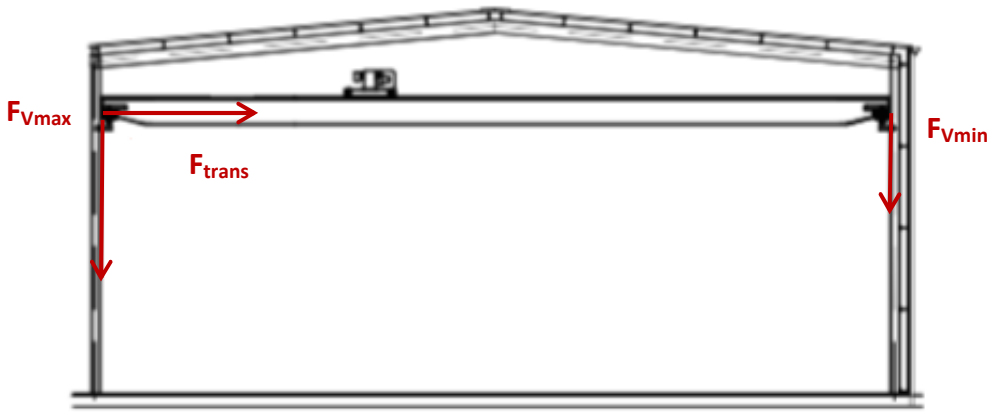


Figura 45. *Situación 2 del puente grúa*

3.2.7. VIGA CARRIL

Se considerará un perfil HEB 400 para la viga carril y un carril SA-75 (gastadas). Tanto la viga carril como el carril estarán diseñados y calculados según la norma Euronorm 53-62 + DIN 536-1 con la ayuda del programa "CRANEWAY".

3.2.7.1. Condiciones de partida

Para el cálculo de la viga carril se considerará la Situación 2, es decir, el carro en movimiento y el puente parado. Por lo que se tendrán en cuenta las fuerzas verticales debidas al peso de la carga, que se transmitirán a través de las ruedas; y las fuerzas transversales debidas al frenado del carro.

La viga carril se comportará como una viga continúa con apoyos cada 7 m a lo largo de 5 vanos. La grúa que se instalará será la grúa birrail de la casa ABUS con una luz de 21 m y a una altura de 6,75 m. Los datos a tener en cuenta en el cálculo de la viga carril son los siguientes:

- **Capacidad del puente grúa:** $10\ tn$
- **Distancia entre ruedas:** $3200\ mm$
- **Reacción por rueda:** $R_{max} = 71\ kN$, $R_{min} = 21{,}4\ kN$
- **Coeficiente de mayoración dinámico**: $1{,}25$ (Tabla 5)

Además de este coeficiente de mayoración dinámico, se empleará otro coeficiente de seguridad de 1,5 para trabajar del lado de la seguridad.

Las fuerzas verticales (máxima y mínima) y transversal que se producirán serán las siguientes:

$$F_{Vmax} = 1{,}25 \cdot 1{,}5 \cdot 71 = 133{,}125 kN$$

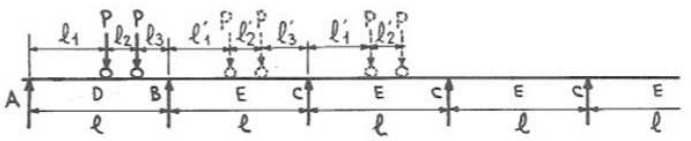
$$F_{Vmin} = 1{,}25 \cdot 1{,}5 \cdot 21{,}4 = 40{,}125 kN$$

$$F_{trans} = 1{,}5 \cdot 2{,}3 = 3{,}45 kN$$

- **Momento flector**

Para el análisis del momento flector de la viga carril se consultará la página 46 del libro "El proyectista de estructuras metálicas", de R. Nonnast.

Viga simplemente apoyada de más de tres vanos con dos cargas concentradas iguales y móviles (valores máximos)



$\frac{l_2}{l}$	Mf_B		Mf_C		Mf_D		Mf_E		Reacciones en los apoyos	
	l_1	Mf_B	l'_1	Mf_C	l_1	Mf_D	l'_1	Mf_E	A	B = C
0	0,578·l	0,206·P·l	0,616·l	0,172·P·l	0,437·l	0,409·P·l	0,495·l	0,345·P·l	2,000·P	2,013·P
0,05	0,552·l	0,206·P·l	0,590·l	0,172·P·l	0,417·l	0,396·P·l	0,489·l	0,321·P·l	1,937·P	2,011·P
0,10	0,525·l	0,204·P·l	0,563·l	0,171·P·l	0,407·l	0,364·P·l	0,484·l	0,299·P·l	1,874·P	2,004·P
0,15	0,497·l	0,201·P·l	0,534·l	0,168·P·l	0,398·l	0,343·P·l	0,479·l	0,279·P·l	1,811·P	1,994·P
0,20	0,469·l	0,197·P·l	0,504·l	0,164·P·l	0,389·l	0,323·P·l	0,474·l	0,261·P·l	1,749·P	1,979·P
0,25	0,439·l	0,192·P·l	0,472·l	0,159·P·l	0,380·l	0,304·P·l	0,470·l	0,243·P·l	1,687·P	1,961·P
0,30	0,408·l	0,186·P·l	0,438·l	0,153·P·l	0,372·l	0,287·P·l	0,466·l	0,226·P·l	1,627·P	1,937·P
0,35	0,375·l	0,179·P·l	0,402·l	0,147·P·l	0,366·l	0,271·P·l	0,462·l	0,212·P·l	1,568·P	1,911·P
0,40	0,342·l	0,170·P·l	0,365·l	0,139·P·l	0,361·l	0,256·P·l	0,458·l	0,200·P·l	1,510·P	1,881·P
0,45	0,307·l	0,161·P·l	0,773·l	0,146·P·l	0,357·l	0,242·P·l	0,455·l	0,190·P·l	1,454·P	1,847·P
0,50	0,725·l	0,160·P·l	0,748·l	0,153·P·l	0,351·l	0,229·P·l	0,453·l	0,180·P·l	1,399·P	1,810·P
0,55	0,700·l	0,167·P·l	0,723·l	0,160·P·l	0,345·l	0,218·P·l	0,450·l	0,172·P·l	1,347·P	1,771·P
0,60	0,675·l	0,172·P·l	0,698·l	0,164·P·l	0,348·l	0,208·P·l	0,408·l	0,165·P·l	1,297·P	1,728·P
0,65	0,651·l	0,176·P·l	0,674·l	0,168·P·l	0,350·l	0,199·P·l	0,409·l	0,159·P·l	1,249·P	1,683·P
0,70	0,627·l	0,180·P·l	0,648·l	0,170·P·l	0,354·l	0,191·P·l	0,410·l	0,155·P·l	1,204·P	1,633·P
0,75	0,603·l	0,181·P·l	0,623·l	0,172·P·l	0,357·l	0,185·P·l	0,411·l	0,151·P·l	1,162·P	1,583·P
0,80	0,579·l	0,182·P·l	0,598·l	0,171·P·l	0,361·l	0,180·P·l	0,413·l	0,148·P·l	1,123·P	1,529·P
0,85	0,556·l	0,181·P·l	0,574·l	0,170·P·l	0,368·l	0,177·P·l	0,414·l	0,146·P·l	1,087·P	1,474·P
0,90	0,532·l	0,180·P·l	0,549·l	0,167·P·l	0,374·l	0,174·P·l	0,416·l	0,145·P·l	1,054·P	1,417·P
0,95	0,517·l	0,178·P·l	0,524·l	0,164·P·l	0,386·l	0,173·P·l	0,418·l	0,145·P·l	1,025·P	1,358·P
1,00	0,487·l	0,174·P·l	0,499·l	0,159·P·l	0,392·l	0,173·P·l	0,420·l	0,145·P·l	1,000·P	1,297·P

Figura 46. *Tabla para el análisis del momento flector, "El proyectista de estructuras metálicas"*

Donde;

$L_2(distancia\ entre\ ruedas) = 3200mm$

$L\ (distancia\ entre\ pórticos) = 7000mm$

Se obtiene el siguiente valor:

$L_2/L = 3200/7000 = 0{,}45$

Consultando dicho valor en la tabla superior se obtiene para la zona D del esquema de cálculo:

$L_1 = 0{,}357 \cdot L = 0{,}357 \cdot 7000 = 2499mm$

$Mf_D = 0{,}242 \cdot P \cdot L = 0{,}242 \cdot 133{,}125 \cdot 7 = 225{,}51\ kNm$

- **Flechas máximas**

A continuación, se indican las flechas máximas admisibles, tanto horizontalmente como verticalmente:

Flecha vertical: L/750 → 7000/750=9,33 mm

La flecha vertical se dará en el centro de vano. En este caso se tendrán en cuenta todas las fuerzas verticales que actúan sobre el puente grúa en su posición más crítica y el peso propio de la viga carril.

Flecha horizontal: L/1000 → 7000/1000=7 mm

Una excesiva flecha horizontal provocaría que la viga se saliese de su plano e impediría el movimiento del puente grúa. Para el cálculo de esta flecha únicamente se tendrá en cuenta la fuerza de frenado del carro.

- **Abolladura del alma**

Según el CTE, apartado 6.3.3.4. del SE-A-44, no es necesaria la comprobación a resistencia de la abolladura del alma a cortante en las barras que se cumpla lo siguiente:

$$\frac{d}{t} < 70\varepsilon$$

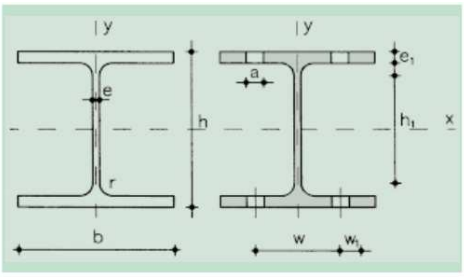
Esta expresión se basa en imponer que el alma no plastifique antes.

Donde;

d, t Altura del alma (distancia interior entre alas) y espesor del alma

ε $\sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$, siendo $f_{ref} = 235\, N/mm^2$

Consultando en un prontuario las medidas d y t para el perfil elegido, HEB 400:



A = Área de la sección	I_t = Módulo de torsión de la sección
S_x = Momento estático de media sección, respecto a X	I_a = Módulo de alabeo de la sección
I_x = Momento de inercia de la sección, respecto a X	u = Perímetro de la sección
$W_x = 2I_x : h$. Módulo resistente de la sección, respecto a X	a = Diámetro del agujero del roblón normal
$i_x = \sqrt{I_x : A}$. Radio de giro de la sección, respecto a X	w = Gramil, distancia entre ejes de agujeros
I_y = Momento de inercia de la sección, respecto a Y	h_1 = Altura de la parte plana del alma
$W_y = 2I_y : b$. Módulo resistente de la sección, respecto a Y	p = Peso por m
$i_y = \sqrt{I_y : A}$. Radio de giro de la sección, respecto a Y	

Perfil	Dimensiones						
	h mm	b mm	e mm	e_1 mm	r_1 mm	h_1 mm	u mm
HEB 400	400	300	13,5	24,0	27	298	1.930

Figura 47. *Médidas del perfil HEB 400*

$d = h - e_1 = 400 - 24 \cdot 2 = 352mm$

$t = e = 13{,}5mm$

Aplicando dicha fórmula:

$$\frac{d}{t} < 70\varepsilon \rightarrow \frac{352}{13{,}4} < 70 \cdot \sqrt{\frac{235}{275}} \rightarrow 26 < 64{,}7$$

La expresión se cumple, por lo tanto no será necesario el uso de rigidizadores.

- **Pandeo lateral**

De acuerdo con el CTE-SE-A, no será necesaria la comprobación de pandeo lateral, cuando el ala comprimida se arriostre de forma continua o bien de forma puntual a distancias menores de 40 veces el radio de giro mínimo.

Aunque anteriormente se haya mencionado que no es necesario el uso de rigidizadores para impedir la abolladura, se colocarán en los apoyos y en el centro de vano para impedir el pandeo lateral y trabajar desde el lado de la seguridad.

3.2.7.2. Cálculo mediante el software CRANEWAY

Para el cálculo de la viga carril se ha utilizado la versión de prueba del software “CRANEWAY”. Este programa realiza el cálculo de las vigas carril de los puentes grúa según las normas EN 1993-6, DIN 4132 y DIN 18800.

Para ello será necesario introducir los siguientes datos en el programa: datos generales, geometría, sección, carga, combinaciones de carga e imperfecciones.

A continuación se muestran los datos introducidos y las diferentes partes del informe generado mediante el programa:

➢ SECCIONES

Para desarrollar la función de viga carril se ha elegido el perfil HEB400 y el carril SA75 (gastadas). Se recuerda que se trata de un puente grúa que soporta 10 tn y que por lo tanto, será necesario un perfil suficientemente resistente para que soporte dicha carga. A continuación se muestra la sección y medidas principales de la sección del perfil HEB400 + el carril SA75.

A continuación se adjuntan los datos y resultados de mayor importancia recogidos en el informe de cálculo generado por el programa.

SECCIONES

Viga	:	Sección laminada HE B 400 | DIN 1025-2:1995
Perfil del carril	:	Carril SA 75 (gastado)
Descripción de la sección	:	KB(S) HE B 400 + SA 75 (gastado)
25% de reducción de la sección del carril por desgaste	:	☒
Considerar la sección del carril para las propiedades de la sección	:	☒
Cálculo adicional		
Realizar el cálculo a fatiga	:	☒
Realizar el cálculo de la costura de soldadura	:	☒
Espesor del carril/ala de soldaduras	a :	12.0 mm
Costura de soldadura intermitente entre carril y ala	:	☐

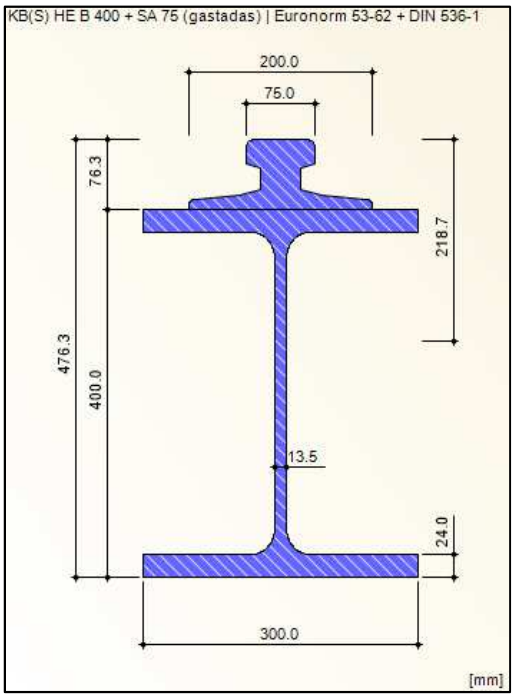


Figura 48. *Sección viga carril – Perfil HEB 400 + Carril SA-75 (gastadas)*

El programa proporciona las propiedades de la sección de la viga carril, que son las siguientes:

Propiedad de la sección	Símbolo	Valor	Unidad
Área de la sección	A	264.10	cm^2
Área de cortante	A_y	138.02	cm^2
Área de cortante	A_z	54.68	cm^2
Distancia al centro de gravedad	e_z	218.7	mm
Momento de inercia	I_y	84312.60	cm^4
Momento de inercia	I_z	11805.00	cm^4
Momento de inercia polar	I_p	96117.60	cm^4
Radio de giro determinante	i_y	178.7	mm
Radio de giro determinante	i_z	66.9	mm
Radio de giro polar	i_p	190.8	mm
Peso	p	207.3	kg/m
Superficie	A_{superf}	2.108	m^2/m
Módulo de torsión	I_t	1054.52	cm^4
Distancia del centro de cortante al ce	z_M	39.3	mm
Constante de alabeo con respecto a l	I_ω	4.243E+06	cm^6
Factor de disminución	λ	0.000978	1/mm
Módulo resistente elástico	$W_{y,max}$	3273.29	cm^3
Módulo resistente elástico	$W_{y,min}$	-3855.66	cm^3
Módulo resistente elástico	W_z	787.00	cm^3
Módulo resistente de alabeo	W_w	13712.30	cm^4
Momento estático	$S_{y,max}$	2202.43	cm^3
Momento estático	$S_{z,max}$	270.93	cm^3
Constante de alabeo normalizado	ω_{max}	309.46	cm^2
Momento estático de alabeo	$S_{\omega,max}$	5570.36	cm^4
Parámetro de estabilidad según Kinde	$r_{y,Kindem}$	83.0	mm
Parámetro de estabilidad	$r_{M,z}$	4.4	mm
Posición de la línea central del área	f_z	-121.2	mm
Módulo resistente plástico	$W_{pl,y,max}$	4012.28	cm^3
Módulo resistente plástico	$W_{pl,z,max}$	1294.74	cm^3
Factor de forma plástica	$\alpha_{pl,y,max}$	1.226	
Factor de forma plástica	$\alpha_{pl,z,max}$	1.649	
Curva de pandeo (DIN 18800-2:2008	$CP_{y,DIN}$	b	
Curva de pandeo (DIN 18800-2:2008	$CP_{y,DIN}$	c	
Curva de pandeo según EN	$CP_{y,EN}$	b	
Curva de pandeo según EN	$CP_{z,EN}$	c	
Curva de pandeo según EN para acer	$CP_{y,EN,S460}$	b	
Curva de pandeo según EN para acer	$CP_{z,EN,S460}$	c	

Figura 49. *Propiedades de la sección viga carril – Perfil HEB 400 + Carril SA-75 (gastadas)*

➢ DETALLES

DETALLES

Norma usada : EN 1993-6:2007/AC:2009-07 - Unión Europea

Longitud total de la viga	42.000	m
Peso total de la viga	8888.7	kg
El peso de la sección por metro	211.6	kg/m
Peso total de la viga tras una reducción del 25% en la sección del carril debido a desgaste	8707.4	kg
El peso de la sección por metro	207.3	kg/m

➢ DATOS PARA EL ANEJO NACIONAL

DATOS PARA EL ANEJO NACIONAL

EN 1993-6:2007/AC:2009-07 - Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 6: Vigas carril.		
Coeficientes parciales de seguridad		
- Resistencia de la sección	γ_{M0} :	1.00
- Resistencia de barras al fallo de estabilidad	γ_{M1} :	1.00
- Resistencia a soldadura	γ_{Mw} :	1.25
- Rigidez a fatiga	$\gamma_{M,f}$:	1.15
- Acciones permanentes	γ_G :	1.35
- Acciones variables, Grúa	γ_Q :	1.35
- Acciones variables, Otras	γ_{Qo} :	1.50
- Acciones a fatiga	$\gamma_{F,f}$:	1.00
- Factor de combinación	ψ :	1.00
Coeficiente para resistencia a cortante	η :	1.20

➢ NORMATIVA

NORMAS USADAS

[1]	EN 1993-6:2007/AC:2009-07	Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 6: Vigas carril.
[2]	EN 1993-1-1:2005/AC:2009-04	Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación.
[3]	EN 1993-1-5:2006/AC:2009-04	Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-5: Placas planas cargadas en su plano.
[4]	EN 1993-1-8:2005/AC:2009-07	Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-8: Uniones.
[5]	EN 1993-1-9:2005/AC:2009-04	Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-9: Fatiga.
[6]	EN 1991-3:2006/AC:2012-12	Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 3: Acciones inducidas por grúas y maquinaria.
[7]	EN 1990:2002/A1:2005/AC:2010-04	Eurocódigo: Bases de cálculo de estructuras.

➢ GEOMETRÍA

GEOMETRÍA - APOYO

Apoyo núm.	Posición x [m]	Tipo de apoyo	Desplazamiento en X	Desplazamiento en Y	Desplazamiento en Z	Giro sobre X	Giro sobre Y	Giro sobre Z	Alabeo	Articulació	Apoyo [mm] Rigidizador	Apoyo [mm] Longitud a
1	0.000	Articulado fijo	☒	☒	☒	☒	☐	☐	☐	☐	Rígido	
2	7.000	Articulado móvil	☐	☒	☒	☒	☐	☐	☐	☐	Rígido	
3	14.000	Articulado móvil	☐	☒	☒	☒	☐	☐	☐	☐	Rígido	
4	21.000	Articulado móvil	☐	☒	☒	☒	☐	☐	☐	☐	Rígido	
5	28.000	Articulado móvil	☐	☒	☒	☒	☐	☐	☐	☐	Rígido	
6	35.000	Articulado móvil	☐	☒	☒	☒	☐	☐	☐	☐	Rígido	
7	42.000	Articulado móvil	☐	☒	☒	☒	☐	☐	☐	☐	Rígido	

La viga carril se calculará como una viga continua a lo largo de 42 m con apoyos cada 7 m (el primero de ellos articulado fijo y los restantes articulados móviles). Dichos apoyos coincidirán con los pilares de los pórticos.

GEOMETRÍA - RIGIDIZADORES

Vano núm.	Longitud L [m]	Núm. de panleles int.	Tipo de posición	
1	7.000	2	Regularmente	x[m]: {0.000; 3.500; 7.000}
2	7.000	2	Regularmente	x[m]: {0.000; 3.500; 7.000}
3	7.000	2	Regularmente	x[m]: {0.000; 3.500; 7.000}
4	7.000	2	Regularmente	x[m]: {0.000; 3.500; 7.000}
5	7.000	2	Regularmente	x[m]: {0.000; 3.500; 7.000}
6	7.000	2	Regularmente	x[m]: {0.000; 3.500; 7.000}

Se colocarán rigidizadores en los apoyos y en el centro de vano para evitar el pandeo lateral de la viga carril.

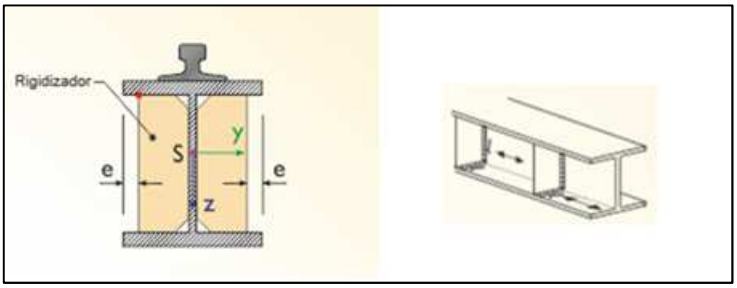
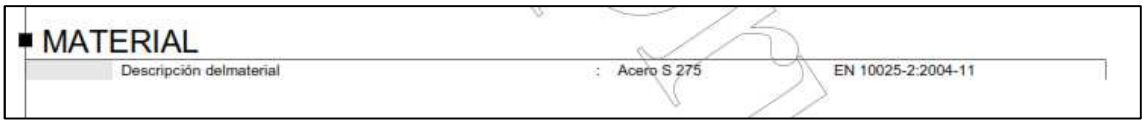


Figura 50. *Rigidizadores en la viga carril*

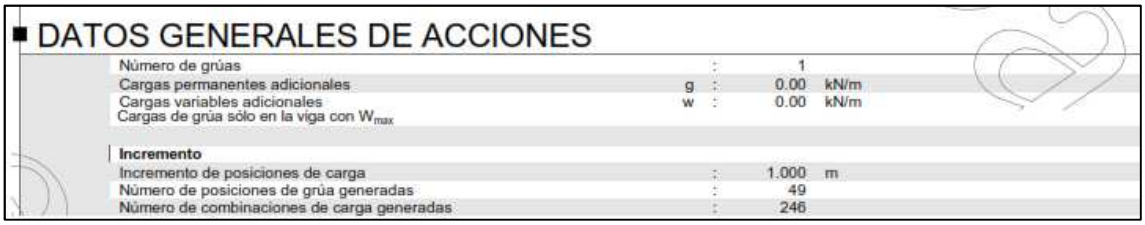
➢ MATERIAL

El material empleado en la construcción de la viga carril será el acero S275 (EN 1993.1-1; 2005-05), ya que se trata de un perfil HEB (laminado).



➢ CARGA

Definiendo un incremento de posiciones de carga de 1m, el programa generará 49 posiciones de la grúa y 246 combinaciones de carga.



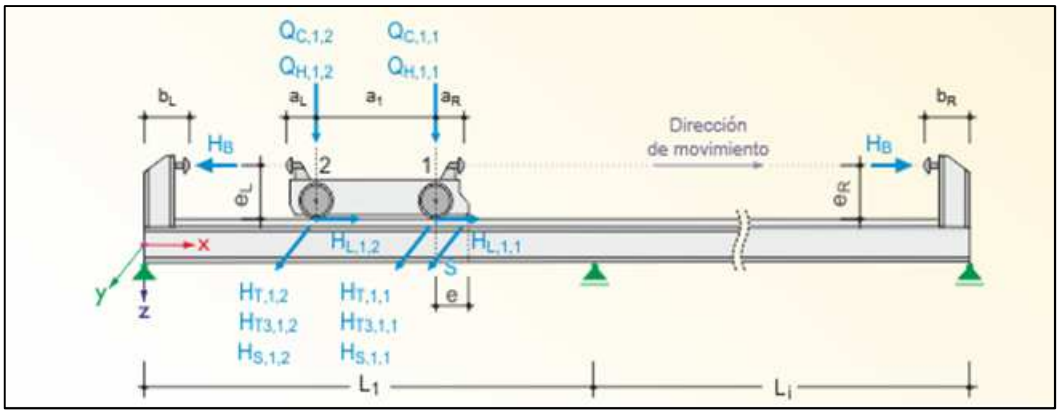


Figura 51. *Cargas que actúan sobre la viga carril*

CARGAS DE GRÚA

Eje núm.	Cargas verticales por rueda Q_C [kN]	Q_H [kN]	Cargas horizontales por rueda H_T [kN]	H_S [kN]	H_{T3} [kN]	Cargas long. H_L [kN]	Distancia e [m]	Fuerza oblicua S [kN]
1	133.00	40.00	-3.50	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00
2	133.00	40.00	-3.50	0.00	0.00	0.00		

PARÁMETROS DE GRÚA

Coeficiente dinámico para				
- Peso de grúa	φ_1	:	1.100	
- Elevación de carga	φ_2	:	1.130	
- Peso de arranque repentino	φ_3	:	1.000	
- Desplazamiento de grúa	φ_4	:	1.000	
- Fuerza motriz	φ_5	:	1.000	
- Fuerza de tope	φ_7	:	1.500	
Clase S:		:	S0	
Tope de grúa izquierdo	a_L	:	0.350	m
Tope de grúa derecho	a_R	:	0.350	m
Número de ejes de grúa		:	2	
Distancias de ejes	a_1	:	3.200	m
Fuerza de tope	H_B	:	0.00	kN

Las cargas que actuarán en la Situación 2 (puente parado y carro en movimiento), son las calculadas anteriormente:

$\mathbf{Q_C} \rightarrow F_{Vmax} = 1{,}25 \cdot 1{,}5 \cdot 71 = 133{,}125kN$

$\mathbf{Q_H} \rightarrow F_{Vmin} = 1{,}25 \cdot 1{,}5 \cdot 21{,}4 = 40{,}125kN$

$\mathbf{H_T} \rightarrow F_{trans} = 1{,}5 \cdot 2{,}3 = 3{,}45kN$

Introduciendo dichas cargas, el programa plantea diferentes casos de carga y carga-fatiga.

DESCRIPCIÓN DE CASOS DE CARGA

Núm.	CC núm.	Descripción
1	CC1	Peso propio + Carga permanente adicional
2	CC2	Cargas variables adicionales
3	CC3,11...	Q_C
4	CC4,12...	$Q_C\ \varphi_1$
5	CC5,13...	$Q_C\ \varphi_4$
6	CC6,14...	Q_H max(φ_2, φ_3)
7	CC7,15...	$Q_H\ \varphi_4$
8	CC8,16...	$H_T\ \varphi_5 + H_L\ \varphi_5$
9	CC9,17...	(H_s + S)
10	CC10,18...	H_{T3}

DESCRIPCIÓN DE CASOS DE CARGA - FATIGA

Núm.	CC núm.	Descripción
1	CC1	Peso propio + Carga permanente adicional
2	CC2,4...	$Q_c\ (1 + \varphi_1)/2$
3	CC3,5...	$Q_H\ (1 + \varphi_2)/2$

Algunas de las 246 combinaciones de carga y carga-fatiga se plantean son las siguientes:

DESCRIPCIÓN DE COMBINACIONES DE CARGA

Núm.	CO núm.	Viga	Posición de 1ª rueda de grúa [m] Grúa 1	Grúa 2	Grúa 3	Descripción de la carga
1	CO1					γ_G CC1
2	CO2	Max	0.000			γ_G (CC1 + CC4) + γ_Q (CC6 + CC8) + γ_{Qe} CC2
3	CO3	Max	0.000			γ_G (CC1 + CC3) + γ_Q CC8 + γ_{Qe} CC2
4	CO4	Max	0.000			γ_G (CC1 + CC5) + γ_Q (CC7 + CC8) + γ_{Qe} CC2
5	CO5	Max	0.000			γ_G (CC1 + CC5) + γ_Q (CC7 + CC9) + γ_{Qe} CC2
6	CO6	Max	0.000			γ_G (CC1 + CC5) + γ_Q (CC7 + CC10)
7	CO7	Max	1.000			γ_G (CC1 + CC12) + γ_Q (CC14 + CC16) + γ_{Qe} CC2
8	CO8	Max	1.000			γ_G (CC1 + CC11) + γ_Q CC16 + γ_{Qe} CC2
9	CO9	Max	1.000			γ_G (CC1 + CC13) + γ_Q (CC15 + CC16) + γ_{Qe} CC2
10	CO10	Max	1.000			γ_G (CC1 + CC13) + γ_Q (CC15 + CC17) + γ_{Qe} CC2
11	CO11	Max	1.000			γ_G (CC1 + CC13) + γ_Q (CC15 + CC18)
12	CO12	Max	2.000			γ_G (CC1 + CC20) + γ_Q (CC22 + CC24) + γ_{Qe} CC2
13	CO13	Max	2.000			γ_G (CC1 + CC19) + γ_Q CC24 + γ_{Qe} CC2
14	CO14	Max	2.000			γ_G (CC1 + CC21) + γ_Q (CC23 + CC24) + γ_{Qe} CC2
15	CO15	Max	2.000			γ_G (CC1 + CC21) + γ_Q (CC23 + CC25) + γ_{Qe} CC2
16	CO16	Max	2.000			γ_G (CC1 + CC21) + γ_Q (CC23 + CC26)
17	CO17	Max	3.000			γ_G (CC1 + CC28) + γ_Q (CC30 + CC32) + γ_{Qe} CC2
18	CO18	Max	3.000			γ_G (CC1 + CC27) + γ_Q CC32 + γ_{Qe} CC2
19	CO19	Max	3.000			γ_G (CC1 + CC29) + γ_Q (CC31 + CC32) + γ_{Qe} CC2
20	CO20	Max	3.000			γ_G (CC1 + CC29) + γ_Q (CC31 + CC33) + γ_{Qe} CC2
21	CO21	Max	3.000			γ_G (CC1 + CC29) + γ_Q (CC31 + CC34)
22	CO22	Max	3.200			γ_G (CC1 + CC36) + γ_Q (CC38 + CC40) + γ_{Qe} CC2
23	CO23	Max	3.200			γ_G (CC1 + CC35) + γ_Q CC40 + γ_{Qe} CC2
24	CO24	Max	3.200			γ_G (CC1 + CC37) + γ_Q (CC39 + CC40) + γ_{Qe} CC2
25	CO25	Max	3.200			γ_G (CC1 + CC37) + γ_Q (CC39 + CC41) + γ_{Qe} CC2
26	CO26	Max	3.200			γ_G (CC1 + CC37) + γ_Q (CC39 + CC42)
27	CO27	Max	4.200			γ_G (CC1 + CC44) + γ_Q (CC46 + CC48) + γ_{Qe} CC2
28	CO28	Max	4.200			γ_G (CC1 + CC43) + γ_Q CC48 + γ_{Qe} CC2
29	CO29	Max	4.200			γ_G (CC1 + CC45) + γ_Q (CC47 + CC48) + γ_{Qe} CC2
30	CO30	Max	4.200			γ_G (CC1 + CC45) + γ_Q (CC47 + CC49) + γ_{Qe} CC2

DESCRIPCIÓN DE COMBINACIONES DE CARGA - FATIGA

Núm.	CO núm.	Viga	Posición de 1ª rueda de grúa [m] Grúa 1	Grúa 2	Grúa 3	Descripción de la carga
1	CO1	Max	0.000			CC1 + CC2 + CC3
2	CO2	Max	1.000			CC1 + CC4 + CC5
3	CO3	Max	2.000			CC1 + CC6 + CC7
4	CO4	Max	3.000			CC1 + CC8 + CC9
5	CO5	Max	3.200			CC1 + CC10 + CC11
6	CO6	Max	4.200			CC1 + CC12 + CC13
7	CO7	Max	5.200			CC1 + CC14 + CC15
8	CO8	Max	6.200			CC1 + CC16 + CC17
9	CO9	Max	7.200			CC1 + CC18 + CC19
10	CO10	Max	8.200			CC1 + CC20 + CC21
11	CO11	Max	9.200			CC1 + CC22 + CC23
12	CO12	Max	10.200			CC1 + CC24 + CC25
13	CO13	Max	11.200			CC1 + CC26 + CC27
14	CO14	Max	12.200			CC1 + CC28 + CC29
15	CO15	Max	13.200			CC1 + CC30 + CC31
16	CO16	Max	14.200			CC1 + CC32 + CC33
17	CO17	Max	15.200			CC1 + CC34 + CC35
18	CO18	Max	16.200			CC1 + CC36 + CC37
19	CO19	Max	17.200			CC1 + CC38 + CC39
20	CO20	Max	18.200			CC1 + CC40 + CC41
21	CO21	Max	19.200			CC1 + CC42 + CC43
22	CO22	Max	20.200			CC1 + CC44 + CC45
23	CO23	Max	21.200			CC1 + CC46 + CC47
24	CO24	Max	22.200			CC1 + CC48 + CC49
25	CO25	Max	23.200			CC1 + CC50 + CC51
26	CO26	Max	24.200			CC1 + CC52 + CC53
27	CO27	Max	25.200			CC1 + CC54 + CC55
28	CO28	Max	26.200			CC1 + CC56 + CC57
29	CO29	Max	27.200			CC1 + CC58 + CC59
30	CO30	Max	28.200			CC1 + CC60 + CC61
31	CO31	Max	29.200			CC1 + CC62 + CC63
32	CO32	Max	30.200			CC1 + CC64 + CC65
33	CO33	Max	31.200			CC1 + CC66 + CC67
34	CO34	Max	32.200			CC1 + CC68 + CC69
35	CO35	Max	33.200			CC1 + CC70 + CC71
36	CO36	Max	34.200			CC1 + CC72 + CC73

➢ RESULTADOS

RESUMEN DE CÁLCULO

Tipo de cálculo	Barra núm.	Posición x [m]	Criterio de cálculo Existente	Límite	Comb. de carga determinante
2.4 Análisis de tensiones	6	0.000	0.546	< 1.00	CO197
2.5 Análisis de deformación - Horizontal	6	3.800	1915.382	> 1000.000	CO207
2.5 Análisis de deformación - Vertical	6	3.800	871.421	> 750.000	CO211
2.6 Cálculo a fatiga	1	6.600	0.289	< 1.00	
2.7 Análisis de abolladura	1	6.600	0.427	< 1.00	
2.8 Soldaduras - Análisis de tensiones	1	6.600	0.177	< 1.00	CO37
2.9 Soldaduras - Cálculo a fatiga	1	0.500	0.191	< 1.00	
2.10 Factor de carga crítica	1		4.223	> 1.00	CO32

En la siguiente imagen se ven reflejadas las tensiones producidas a lo largo de la viga carril:

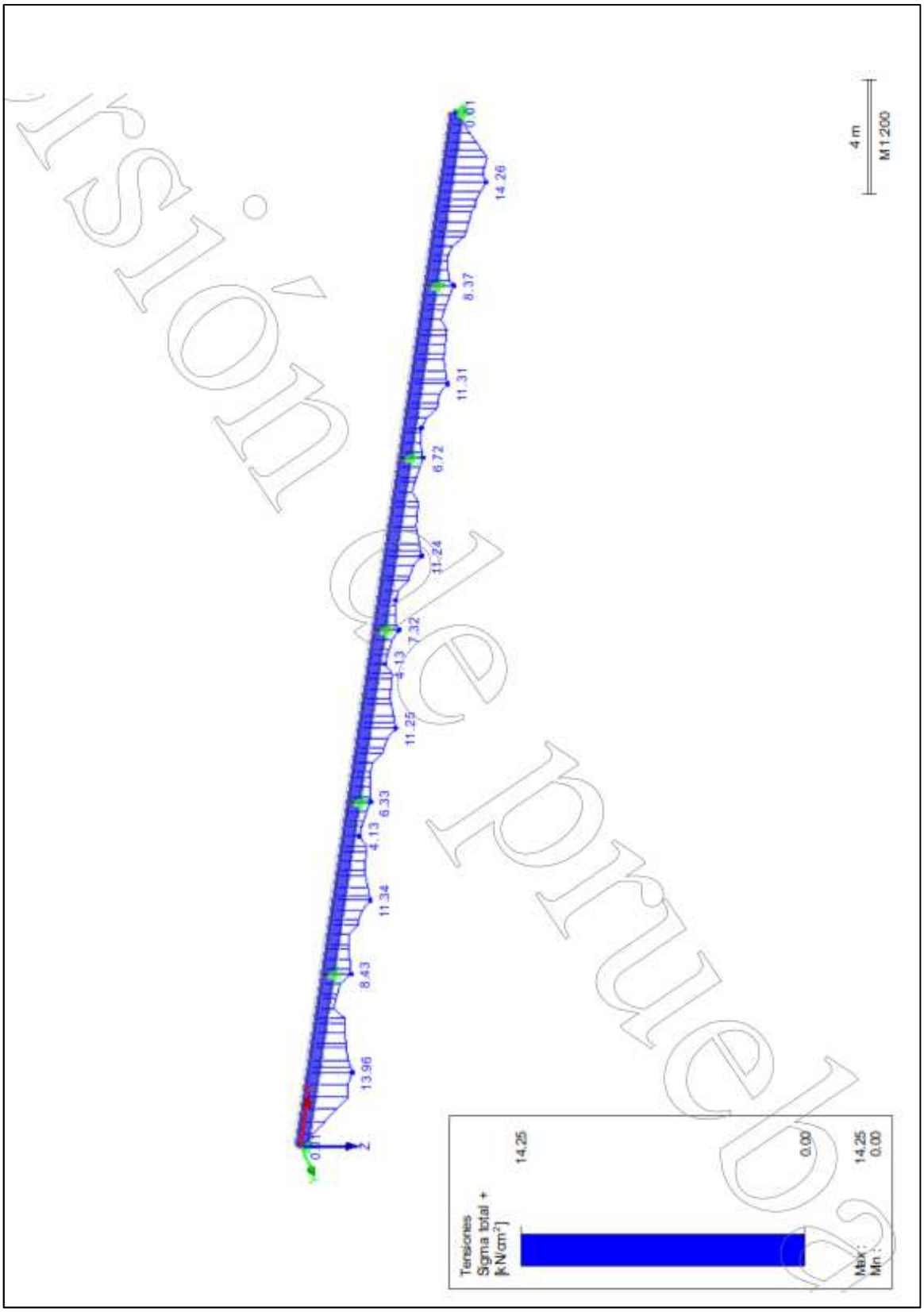


Figura 52. *Diagrama de tensiones a lo largo de la viga carril*

La combinación CO052 produce el mayor valor de tensión ($\sigma_{eqv} = 15 kN/cm^2$) en la viga. Dicha tensión se da en 6º apoyo.

ANÁLISIS DE TENSIONES - TOTAL

Barra núm.	Posiciones x [m]	Punto de tensión	CO determ.	Tensión Tipo	Tensión [kN/cm²]	Razón de tensiones
6	0.000 I	12	CO197	σ_{eqv}	15.00	0.546

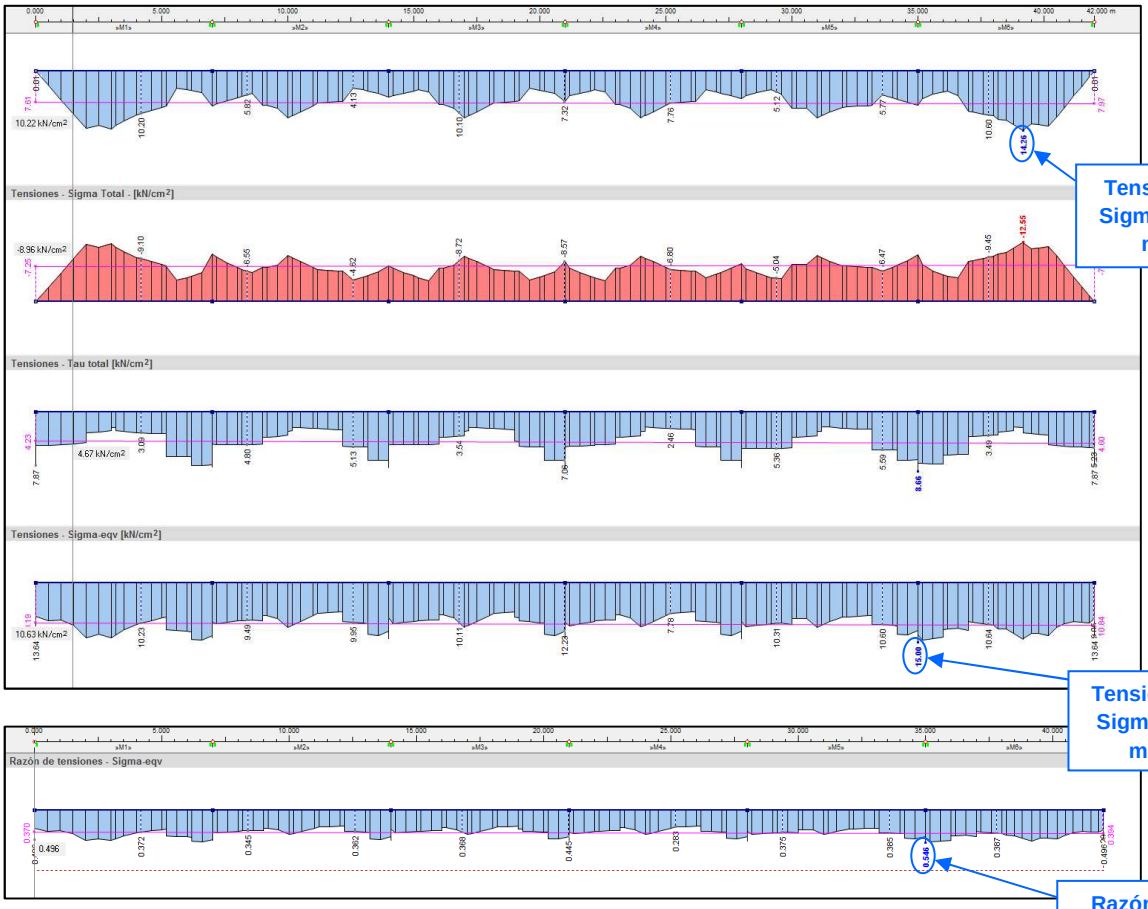


Figura 53. *Diagramás del análisis de tensiones*

La máxima deformación, tanto horizontal como vertical, se da también en el último vano. La combinación CO207 determina la flecha máxima horizontal y la CO211 la vertical.

ANÁLISIS DE DEFORMACIÓN - TOTAL

Direcc.	Barra núm.	Posición x [m]	CO determ.	Desplazamiento u [mm]	L/u	límite L/u
Horizont.	6	3.800	CO207	-3.7	1915.382	> 1000.000
Vertical	6	3.800	CO211	8.0	871.421	> 750.000

El análisis de deformaciones se realiza de forma separativa para las deformaciones horizontales y verticales, comparando los resultados obtenidos con las deformaciones máximas admisibles.

❖ Combinación CO207- Flecha horizontal

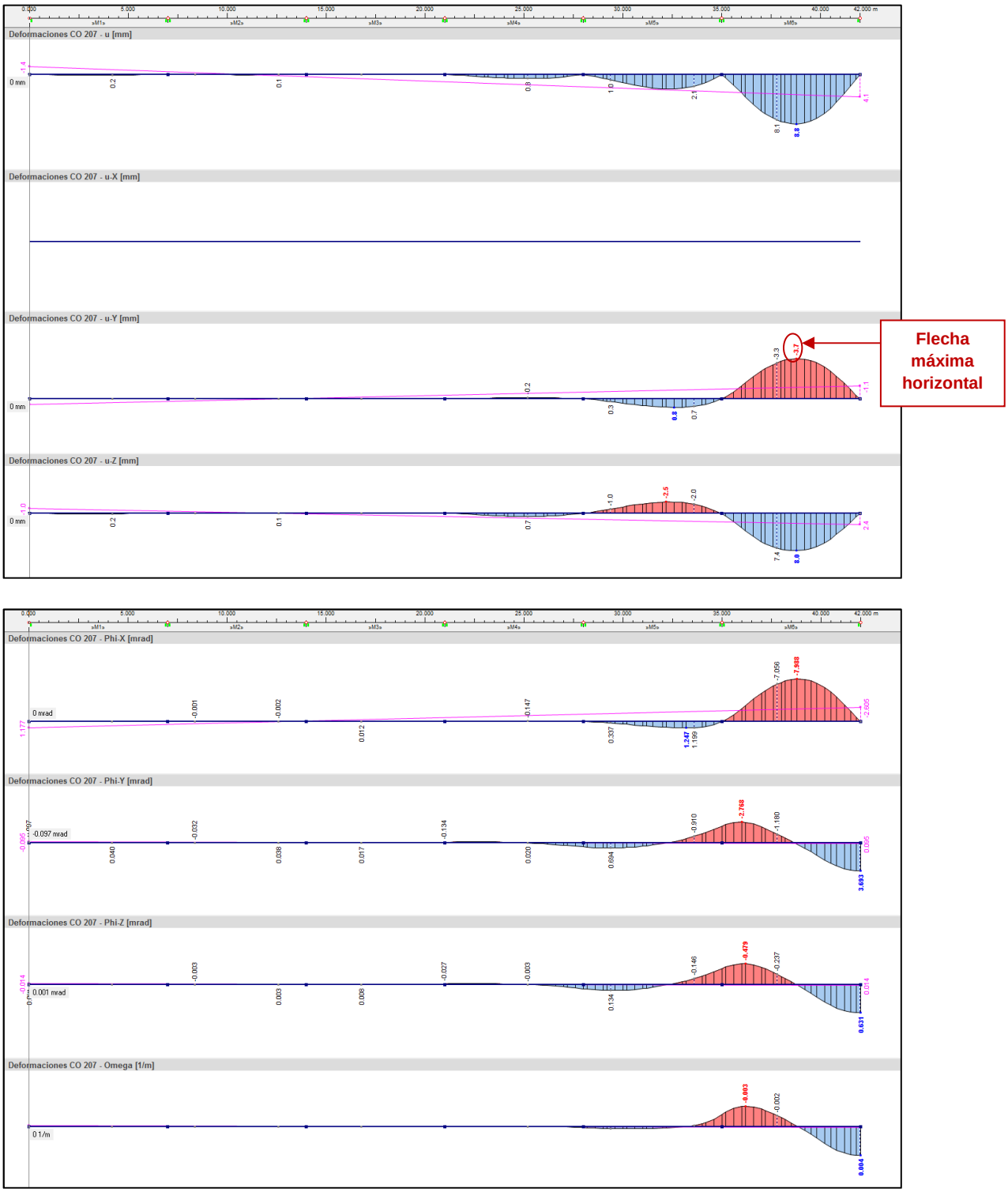


Figura 54. *Diagramás del análisis de deformaciones horizontales*

❖ Combinación CO211- Flecha vertical

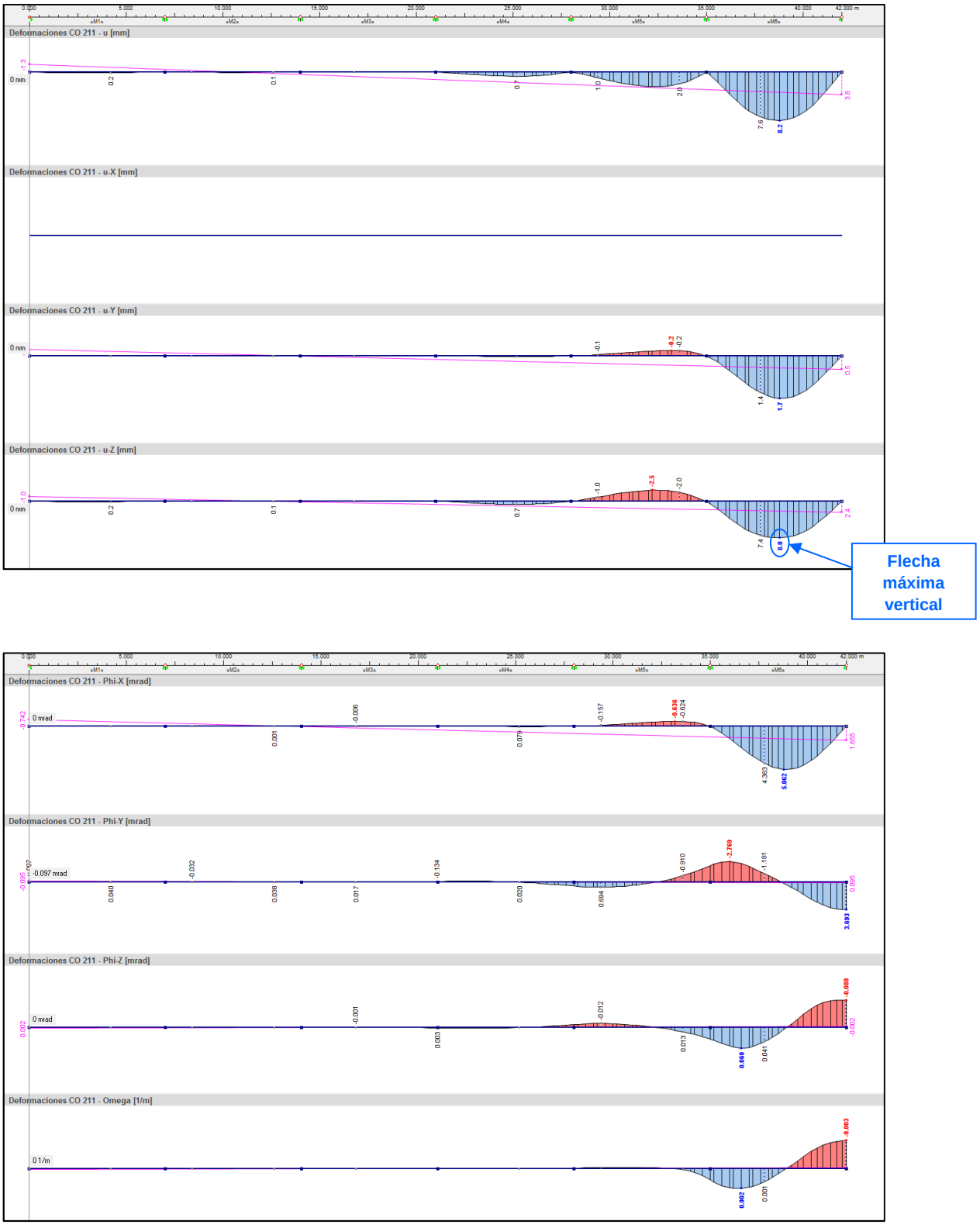


Figura 55. *Diagramás del análisis de deformaciones verticales*

Los cálculos restantes llevados a cabo por el programa son los siguientes:

SOLDADURAS - TENSIONES - TOTAL

Barra núm.	Posición x [m]	Posición de soldadura	CO determ.	Tensión [kN/cm²]	Razón de tensiones
1	6.600	Carril - Ala	CO37	2.18	0.177

SOLDADURAS - CÁLCULO A FATIGA - TOTAL

Barra núm.	Posición x [m]	Posición de soldadura	Razón de tensiones	Tipo de tensión determinante
1	0.500	Carril - Ala	0.191	Cálculo $\Delta\sigma_{E2(z)}$

CÁLCULO A FATIGA - TOTAL

Barra núm.	Posición x [m]	Pto. tens. núm.	Razón	Cálculo determinante
6	3.000	2	0.230	Cálculo $\Delta\sigma_x$
6	3.000	5	0.150	Cálculo $\Delta\sigma_x$
6	3.000	6	0.150	Cálculo $\Delta\sigma_x$
6	3.000	8	0.150	Cálculo $\Delta\sigma_x$
6	3.000	9	0.150	Cálculo $\Delta\sigma_x$
1	6.600	10	0.289	Cálculo $\Delta\tau_{E2(xz)}$
6	0.000	11	0.223	Cálculo $\Delta\tau_{E2(xz)}$
6	0.000	12	0.257	Cálculo $\Delta\tau_{E2(xz)}$
6	3.000	13	0.271	Cálculo $\Delta\sigma_x$
6	3.000	17	0.271	Cálculo $\Delta\sigma_x$
1	0.000	18	0.000	Cálculo $\Delta\sigma_x$
1	0.000	19	0.000	Cálculo $\Delta\sigma_x$
1	0.000	20	0.000	Cálculo $\Delta\sigma_x$
1	0.000	21	0.000	Cálculo $\Delta\sigma_x$

ANÁLISIS DE ABOLLADURA - TOTAL

Barra núm.	Panel de abolladura nú	Posición x [m]	Razón	
1	2	6.600	0.427	η_3 - Resistencia a la abolladura por tensiones tangenciales
2	2	6.600	0.391	η_3 - Resistencia a la abolladura por tensiones tangenciales
3	2	6.600	0.389	η_3 - Resistencia a la abolladura por tensiones tangenciales
4	2	6.600	0.389	η_3 - Resistencia a la abolladura por tensiones tangenciales
5	2	6.600	0.387	η_3 - Resistencia a la abolladura por tensiones tangenciales
6	1	0.200	0.413	η_3 - Resistencia a la abolladura por tensiones tangenciales

3.2.8. ENTREPLANTA

La entreplanta se ubicará sobre los dos primeros vanos de la nave ocupando una superficie de 294 m^2.

Se ha optado por emplear un tipo de forjado colaborante. Se trata de un forjado mixto unidireccional en el cual se asocian estrechamente el perfil metálico y el hormigón. Por una parte, el acero absorbe los esfuerzos a tracción que el hormigón es incapaz de absorber por si solo; y por otra, el hormigón, absorbe los esfuerzos a compresión.

Los forjados colaborantes soportan tanto cargas estáticas como móviles, repetitivas o aplicadas bruscamente. Siempre que éstas no excedan las indicadas en la normativa vigente de acciones en la edificación.

Además de su versatilidad, su fácil ejecución y su buena relación resistencia/peso, se obtiene un arriostramiento de la estructura. Por lo que

su ejecución en la entreplanta para oficinas de la nave resulta muy adecuada.

El forjado colaborante se compone de un perfil de chapa grecada de acero, cuyas características permiten su unión solidariamente al hormigón; un armado de negativos, que se posiciona en la superficie superior de la losa, centrado en los valles y cuya función es absorver los esfueros a tracción que se generan en los apoyos de la losa; un armado de positivos, que se situa en la parte inferior del valle y que a no ser que el fabricante exija su colocación, será opcional; y finalmente, una capa de hormigón que se vierte directamente sobre la chapa colaborante.

3.2.8.1. Forjado de la entreplanta

Se ha seleccionado el forjado colaborante HAIRCOL 59 de la marca EUROPERFIL, cuyos componentes son los siguientes:

- ✓ **Materia prima** Tipo de acero: FeE320G, según Norma UNE 36.137.87., con límite elástico mínimo garantizado: 320N/mm^2.

  Tipo de protección:

  - Perfiles galvanizados: Galvanización el caliente Z-275 – según UNE 36.137.87.
  - Perfiles prelacados: Revestimiento de prelacado según UNE 36.150.90.

- ✓ **Hormigón** Dosificación con 350 kg/m^3 de cemento clase 45

  Densidad 2400 kg/m^3

  Resistencia característica mínima a compresión: 250 daN/cm^2

- ✓ **Armaduras** Mallazo electrosoldado y redondos de acero de alta adherencia. Límite elástico: 500N/mm^2 (B500S).

La siguiente tabla hace referencia a las características geométricas del forjado HAIRCOL 59:

CONCEPTO	VALOR	UDS.
Profundidad del perfil	59	mm
Paso de onda	205	mm
Anchura útil	820	mm
Longitud	A medida.(1)	mm
(1)Longitud. Máx.: 16.990 mm; Long. Mín.: 1.800 mm		

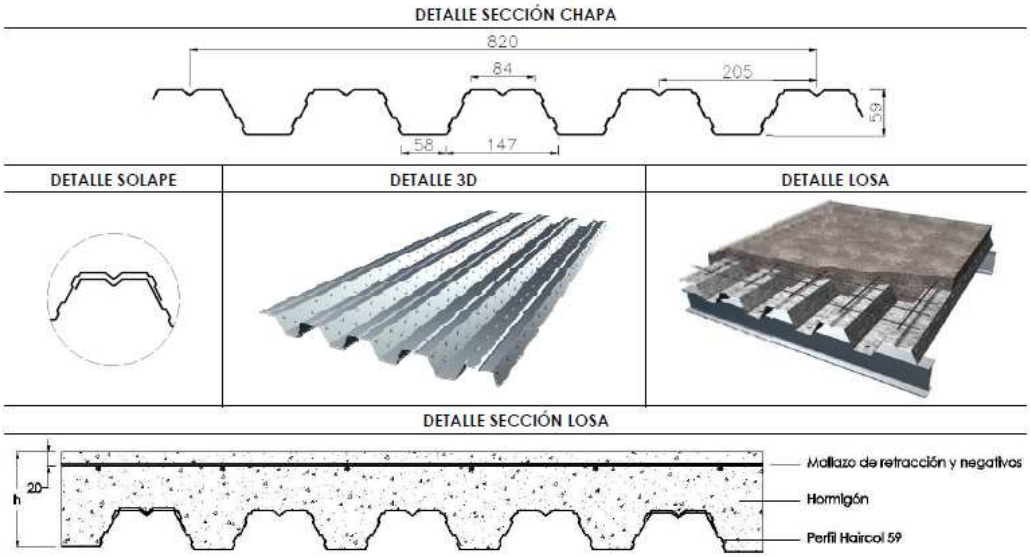


Figura 56. *Características geométricas del forjado HAIRCOL 59*

Existen tren espesores de chapa disponibles para el forjado HAIRCOL 59: 0,75 mm, 1 mm y 1,2 mm.

	Espesor (mm)		
	0,75	1,00	1,20
Peso (kg/m²)	8,97	11,97	14,36
I_g (cm⁴/ml)	55,15	74,56	90,10
W_1 (cm³/ml)	17,02	23,02	27,81
W_2 (cm³/ml)	20,73	28,03	33,87

Figura 57. *Tabla de espesores del forjado HAIRCOL 59*

La entreplanta ocupará los primeros dos vanos de la nave y tendrá una superficie de 294m^2. Se colocarán correas cada 1,75m y sobre ellas se colocará la chapa de forjado colaborante. Por lo tanto, este forjado será multiapoyo. Las correas se colocarán en sentido longitudinal a la nave. Se empleará el forjado cuyo espesor de chapa es 0,75 mm y altura de losa 10 cm. Se muestra el croquis con la disposición de las correas en la entreplanta:

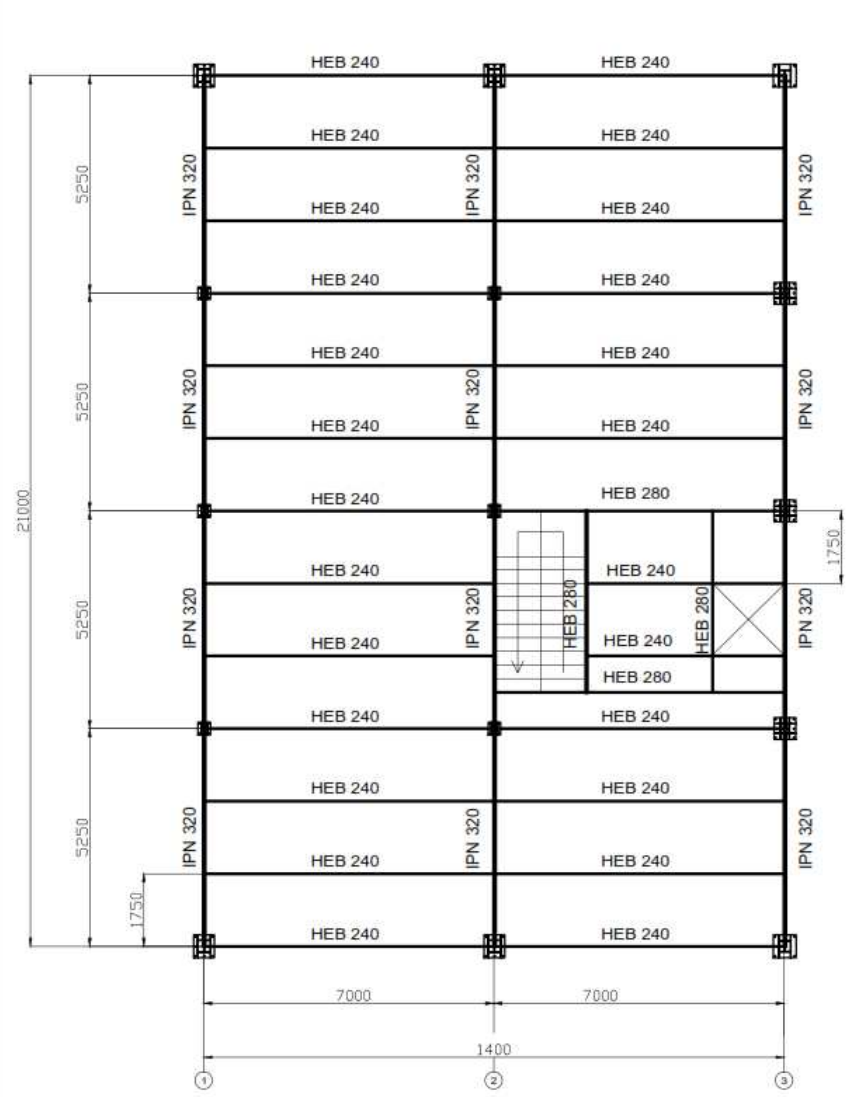


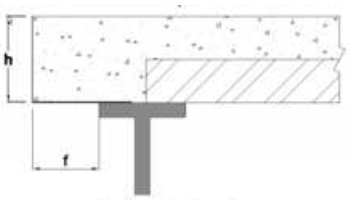
Figura 58. *Croquis de la entreplanta*

Consultando la tabla inferior, a dicho forjado le corresponderá un volumen de hormigón de 67 dm^3/m^2 y un peso de 170 daN/m^2.

Altura de losa, h (cm)		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Volumen de hormigón (dm^3/m^2)		67	77	87	97	107	117	127	137	147	157	167	177	187	197	207	217
Espesor de chapa (mm)	0,75	170	194	218	242	266	290	314	338	362	386	410	434	458	482	506	530
	1,00	173	197	221	245	269	293	317	341	365	389	413	437	461	485	509	533
	1,20	175	199	223	247	271	295	319	343	367	391	415	439	463	487	511	535

Figura 59. *Volumen y peso propio de la losa*

Resulta necesaria la colocción de una chapa perimetral, en todo el perimeto de forjado y en sus huecos, que realizará la función de encofrado perdido. La altura del perimetral recto a emplear será de 10 cm y el espesor de 1 mm, dado que la chapa colcaborante se levará hasta el límite donde terminan los perfiles de las correas, por lo que no habrá voladizo.



Perimetral recto

Espesor recomendado de perimetral (mm)

h (cm)	Voladizo, f (mm)												
	0	25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,20	1,20	1,50	2,00	2,50	2,50	3,00	3,00	3,00
11	1,00	1,00	1,00	1,20	1,20	1,50	1,50	2,00	2,50	2,50	3,00	3,00	3,00
12	1,00	1,00	1,00	1,20	1,50	1,50	2,00	2,00	2,50	2,50	3,00	3,00	3,00
13	1,00	1,00	1,20	1,50	1,50	2,00	2,00	2,50	2,50	2,50	3,00	3,00	
14	1,00	1,20	1,20	1,50	1,50	2,00	2,00	2,50	2,50	2,50	3,00	3,00	
15	1,20	1,20	1,50	1,50	2,00	2,00	2,50	2,50	2,50	3,00	3,00	3,00	
16	1,20	1,50	1,50	2,00	2,00	2,50	2,50	2,50	2,50	3,00	3,00		
18	1,50	1,50	2,00	2,00	2,50	2,50	2,50	2,50	3,00	3,00	3,00		
20	2,00	2,00	2,50	2,50	2,50	3,00	3,00	3,00	3,00				
25	2,50	2,50	3,00	3,00									

Para alturas de losa (h) superiores a 14 cm se recomienda perimetral atirantado, en particular si el espesor de éste se aleja de la recomendación de la tabla anterior.
Se recomienda siempre un perimetral rigidizado de 13 mm, como mínimo, para cualquier altura de losa y espesor de perimetral

Figura 60. *Dimensiones recomentadas de la chapa perimetral*

3.2.8.1.1. Comprobación estado límite último (ELU)

Para el cumplimiento del ELU deberá tenerse en cuenta que la combinación de solicitaciones que actúan sobre la entreplanta no supere la carga máxima admisible que el forjado es capaz de soportar:

$$1{,}35 \cdot \left(q_{\text{pp forjado}} + q_{\text{p forjado}}\right) + 1{,}5 \cdot q_{\text{uso}} \leq C_{\text{max admisible}}$$

Donde;

$q_{\text{pp forjado}}$ Peso propio del forjado, Figura 48 . Según la ficha técnica no será necesario tener en cuenta el peso propio de la losa para el dimensionamiento de la misma.

$q_{\text{p forjado}}$ Carga permanente del forjado. Incluye tabiquería y pavimento. Se estima que tendrá un valor de $200\ daN/m^2$.

q_{uso} Sobrecarga de uso de la entreplanta, Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso (CTE, SE-AE). A la entreplanta le corresponderá la categoría de uso C1 (Zona de acceso al público/Zona con mesas y sillas), por lo tanto la sobrecarga de uso adoptará un valor de $3\ kN/m^2$.

$C_{\text{max admisible}}$ Carga máxima admisible del forjado elegido, su valor es $1084\ daN/m^2$, Figura 50 .

Introduciendo los valores en la expresión se obtiene lo siguiente:

$$720daN/m^2 < 1084\ daN/m^2$$

La expresión se cumple, por lo tanto la elección del forjado se dará por válida.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 [1]
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente [2]			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación [3]	G1 [7]	Cubiertas con inclinación inferior a 20º	1 [4] [6]	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) [5]	0,4 [4]	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40º	0	2

Figura 61. *Valores característicos de las sobrecargas de uso*

Sobrecarga máxima admisible (daN/m2)

	h (cm)																
Luz (m)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2.00	1084	1205	1236	1447	1569	1691	1813	1936	2058	2181	2304	2427	2551	2674	2798	2922
2.20	899	999	1099	1200	1301	1402	1503	1605	1707	1809	1911	2013	2115	2218	2321	1916
2.40	757	842	927	1012	1097	1182	1268	1353	1439	1525	1611	1698	1343	1407	1470	1534
2.60	647	719	792	865	937	1010	1084	1157	1230	931	982	1032	1083	1134	1185	1236
2.80	560	622	685	748	811	874	633	673	714	754	795	836	876	917	958	999
3.00	489	544	598	654	450	482	514	547	579	612	644	677	710	742	775	808
3.20	431	479	315	341	366	391	417	443	469	495	521	547	573	599	626	652
3.40			256	276	296	316	336	357	377	398	418	439	460	481	501	522
3.60						253	269	285	301	317	333	349	365	381	397	414
3.80											260	273	285	297	310	322
4.00																

Figura 62. *Sorecargas admisibles de la losa*

**Las casillas azules indican necesidad de apuntalamiento*

Además, será necesario definir un armado de negativos, cuya función será absorber los esfuerzos a tracción que se generen en los apoyos de las losas continuas. Para ello, se consultará la siguiente tabla:

Sección necesaria de armaduras sobre apoyos intermedios (cm²/ml)

	h (cm)															
Luz (m)	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
2.00	1.69	1.60	1.54	1.49	1.45	1.42	1.40	1.38	1.36	1.34	1.33	1.32	1.31	1.30	1.29	1.29
2.20	1.76	1.67	1.60	1.56	1.52	1.49	1.46	1.44	1.42	1.41	1.39	1.38	1.37	1.36	1.36	0.95
2.40	1.84	1.75	1.68	1.63	1.59	1.56	1.53	1.51	1.49	1.48	1.46	1.45	0.96	0.95	0.94	0.94
2.60	1.93	1.83	1.76	1.71	1.67	1.63	1.61	1.59	1.57	0.97	0.96	0.95	0.95	0.94	0.93	0.93
2.80	2.03	1.92	1.85	1.80	1.75	1.72	1.00	0.99	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.92	0.91
3.00	2.13	2.03	1.94	1.89	1.03	1.01	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.92	0.92	0.91	0.90	0.90
3.20	2.25	2.13	1.08	1.05	1.01	0.99	0.97	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.89	0.88
3.40			1.06	1.02	0.99	0.97	0.95	0.93	0.92	0.91	0.90	0.89	0.88	0.88	0.87	0.86
3.60						0.95	0.93	0.92	0.90	0.89	0.88	0.87	0.86	0.86	0.85	0.85
3.80											0.86	0.85	0.84	0.84	0.83	0.83
4.00																

Figura 63. *Sección necesaria de armaduras sobre apoyos, forjado colaborante HAIRCOL 79 (e=0,75mm)*

**Al igual que en la tabla superior, las casillas azules indican necesidad de apuntalamiento.*

Para un espesor de chapa de 0,75 mm, una altura de forjado de 10 cm y una luz de 1,75 m entre apoyos, la sección de armadura mínima necesaria para la absorción de dichos esfuerzos será 1,69 cm^2/ml.

El mallazo que se colocará será 200x200x8, al que le corresponde una sección de 2,5 cm^2/ml.

3.2.8.1.2. Comprobación estado límite de servicio (ELS)

La ficha técnica del forjado HAIRCOL 59 indica lo siguiente:

- Criterio de flecha en el vertido (hormigonado): f=l/240
- Criterio de flecha en servicio:
  - Forjado sin revestimiento frágil

    l≤3,5m f=l/350

    l>3,5m f=0,5cm+l/700
  - Forjado con revestimiento frágil f=l/500

En el apartado 4.3.3. Deformaciones (SE-12) el CTE se indica que:

4.3.3 Deformaciones

4.3.3.1 Flechas

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

a) 1/500 en pisos con tabiques frágiles (como los de gran formato, rasillones, o placas) o pavimentos rígidos sin juntas;

b) 1/400 en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas;

c) 1/300 en el resto de los casos.

El pavimento colocado será suelo técnico, por lo tanto se tomará el caso a del CTE y se limitará la flecha máxima a L/500.

3.2.8.2. Comportamiento ante el fuego

Los valores indicados en las tablas corresponden a las sobrecargas estáticas máximas sin armaduras de flexión en los nervios, para una resistencia al fuego de 30 minutos. Si se requiere, es posible añadir barras de flexión en los nervios y mejorar la resistencia al fuego de la losa.

3.2.8.3. Estructura de entreplanta

Para desempeñar la función de correas en la entreplanta se han elegido perfiles HEB. Se han escogido estos perfiles para evitar los problemas de altura que supone el empleo de perfiles más ligeros, como los IPE. Las correas se calcularán como vigas continuas con tres apoyos, el primero de ellos articulado y los demás móviles. Todas las correas estarán distanciadas igualmente (1,75m). Será necesaria la apertura de dos huecos en el forjado, uno para la escalera y otro para el ascensor.

El cálculo de las correas se llevará a cabo mediante el programa CYPE. El primer paso será introducir la geometría de la entreplanta (Figura 64). Una vez hecho esto, se definirán unos coeficientes de pandeo (β), para el pano de inercia débil (xy) de 0, ya que el forjado arriostra las correas en este plano, y para el plano de inercia fuerte (xz) 1.

La flecha se limitará a L/500 tanto en correas como en las vigas que forman los huecos, siendo 7000/300=23,33 mm en correas y vigas que se colocan paralelamente a las correas y 4300/300=14,33 mm en las vigas colocadas perpendicularmente a las correas

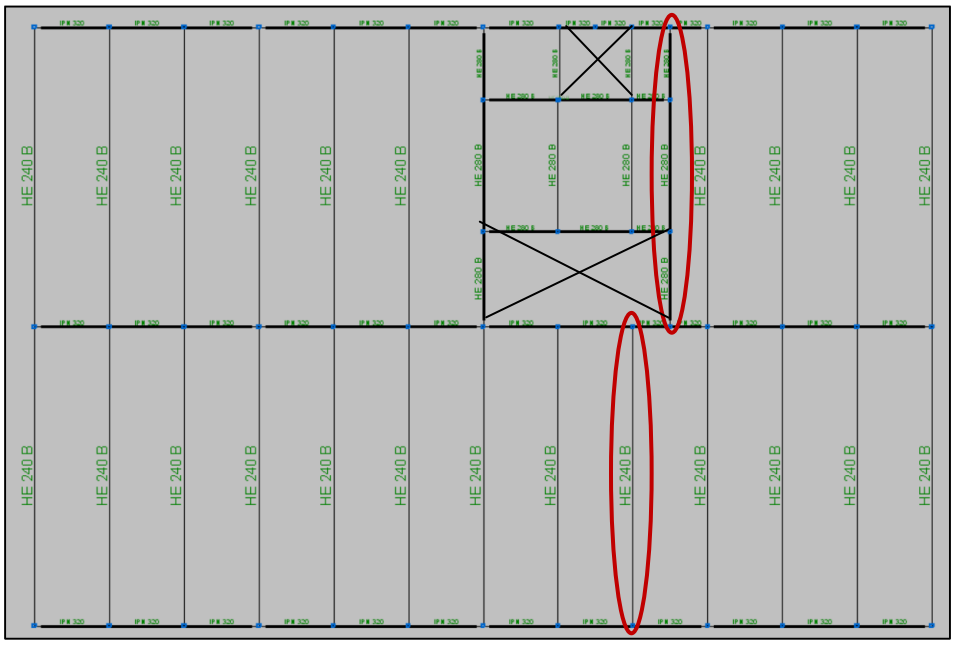


Figura 64. *Disposición de las correas en la entreplanta*

Se estima que las cargas que actuarán sobre la entreplanta serán las siguientes:

$$\mathbf{q_{pp\ forjado}} \rightarrow \frac{170daN}{m^2} \cdot \frac{1kg}{1daN} \cdot \frac{9{,}81N}{1kg} \cdot \frac{1kN}{1000N} \cdot 1{,}75m = \mathbf{\frac{2{,}92kN}{m^2}}$$

$$\mathbf{q_{p\ forjado}} \rightarrow \frac{200daN}{m^2} \cdot \frac{1kg}{1daN} \cdot \frac{9{,}81N}{1kg} \cdot \frac{1kN}{1000N} \cdot 1{,}75m = \mathbf{\frac{3{,}43kN}{m^2}}$$

$\mathbf{q_{uso}} \rightarrow \frac{\mathbf{3kN}}{\mathbf{m^2}}$

Además en el hueco abierto para la escalera resulta necesario introducir las cagas que transmitirán las zancas. Dichas cargas pueden cosnultarse en el apartado "3.4. ESCALERA" y se resumen en las siguientes:

Peso propio

$R_{1z} = 4{,}48\ kN$

$R_{2z} = 2{,}24\ kN$

Sobrecarga de uso

$R_{1z} = 11{,}108\ kN$

$R_{2z} = 5{,}554\ kN$

En el caso del huec del ascensor, no se transmitirán ningún tipo de cargas, ya que la estructura del ascensor no apoyará sobre el forjado.

Las solicitaciones máximas en las correas del forjado y en las vigas que forman los huecos lo generará la combinación de ambas fuerzas

$$\mathbf{1{,}35 \cdot \left(q_{pp\ forjado} + q_{p\ forjado}\right) + 1{,}5 \cdot q_{uso}}$$

A continuación, se adjunta el listado de comprobaciones de ELU que ofrece CYPE de las barras señaladas en la Figura 64.

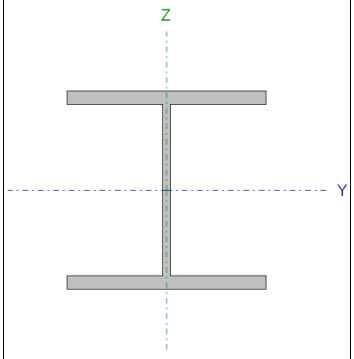
CORREAS

Perfil: HEB 240

Aprovechamiento de la resistencia: 55,1%

Aprovechamiento de la flecha: 99,8%

Perfil: HE 240 B
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N51	N52	7.000	106.00	11260.00	3923.00	102.70

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

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.000	7.000	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

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

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N51/N52	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	η < 0.1	x: 3.5 m η = 55.0	x: 7 m η = 0.3	x: 7 m η = 17.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.5 m η = 55.1	η < 0.1	η = 0.2	x: 7 m η = 17.4	η < 0.1	**CUMPLE η = 55.1**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

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

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

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

$\bar{\lambda}$: ***0.77*** ✓

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** : *106.00* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico. $\mathbf{N_{cr}}$: *4762.79* kN

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

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,v}}$: *4762.79* 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. $\mathbf{N_{cr,z}}$: ∞

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

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

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

Donde:

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_v}$: *11260.00* cm4

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *3923.00* cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *102.70* cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *486900.00* cm6

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

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

$\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{kv}}$: *7.000* m

$\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *0.000* m

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

$\mathbf{i_0}$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $\mathbf{i_0}$: *11.97* cm

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

Siendo:

$\mathbf{i_y}$, $\mathbf{i_z}$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $\mathbf{i_v}$: *10.31* cm

$\mathbf{i_z}$: *6.08* cm

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

$\mathbf{z_0}$: *0.00* mm

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

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}} \qquad \mathbf{20.60 \leq 168.93}$$ ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. **h_w** : *206.00* mm
t_w: Espesor del alma. **t_w** : *10.00* mm
A_w: Área del alma. **A_w** : *20.60* cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. **$A_{fc,ef}$** : *40.80* cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. **k** : *0.30*
E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. **f_{yf}** : *265.00* MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1 \qquad \eta < \mathbf{0.001}$$ ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1 \qquad \eta < \mathbf{0.001}$$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *0.19* kN

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} \qquad \mathbf{N_{c,Rd}} : \textit{2675.24}\ \text{kN}$$

Donde:

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

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *106.00* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

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

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

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

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

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

$$\mathbf{N_{b,Rd}} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{N_{b,Rd}}$: *1990.36* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *106.00* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

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

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\overline{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$ χ_v : *0.74*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\overline{\lambda} - 0.2\right) + \left(\overline{\lambda}\right)^2\right]$$ ϕ_v : *0.89*

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_v : *0.34*

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

$$\overline{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$ $\overline{\lambda}_v$: *0.77*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: *4762.79* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *4762.79* kN

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.550*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.500 m del nudo N51, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *146.23* kN·m

Para flexión negativa:

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

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{M_{c,Rd}}$: *265.76* 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*

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *1053.00* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

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

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.003*** ✓

Para flexión positiva:

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

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *0.34* kN·m

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{M_{c,Rd}}$: *125.79* 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*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la $\mathbf{W_{pl,z}}$: *498.40* cm³

fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$ **η** : ***0.174*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N52, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *84.39* kN

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

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$ **$V_{c,Rd}$** : *484.35* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *33.24* cm²

$$A_V = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *240.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *10.00* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

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

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

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

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$ **16.40** < **65.92** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *16.40*

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

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *65.92*

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

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

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

Siendo:

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

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

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

Se debe satisfacer:

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

η < ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.08* kN

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

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

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *1244.38* kN

Donde:

$\mathbf{A_V}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *85.40* cm²

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

Siendo:

$\mathbf{A}$: Área de la sección bruta. $\mathbf{A}$: *106.00* cm²

$\mathbf{d}$: Altura del alma. $\mathbf{d}$: *206.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *10.00* mm

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

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

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

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

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

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$ **83.96 kN ≤ 242.17 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *83.96* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *484.35* 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 **$V_{c,Rd}$**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$ **0.08 kN ≤ 622.19 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.08* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *1244.38* kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$ **η : *0.551*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ **η : *0.551*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ **η : *0.331*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.500 m del nudo N51, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *0.19* kN

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

$M_{y,Ed}^{+}$: *146.23* kN·m
$M_{z,Ed}^{-}$: *0.05* kN·m

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

Clase : *1*

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

$N_{pl,Rd}$: *2675.24* 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.

$M_{pl,Rd,y}$: *265.76* kN·m
$M_{pl,Rd,z}$: *125.79* kN·m

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

A: Área de la sección bruta.

A : *106.00* cm²

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

$W_{pl,y}$: *1053.00* cm³
$W_{pl,z}$: *498.40* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : *252.38* MPa

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

Siendo:

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

f_y : *265.00* MPa

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

γ_{M1} : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

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

k_y : *1.00*

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

k_z : *1.00*

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

$C_{m,y}$: *1.00*
$C_{m,z}$: *1.00*

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

χ_y : *0.74*
χ_z : *1.00*

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

$\bar{\lambda}_y$: *0.77*
$\bar{\lambda}_z$: *0.00*

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

α_y : *0.60*
α_z : *0.60*

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

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

0.08 kN ≤ **621.78 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,y}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed,v}$** : *0.08* kN

$V_{c,Rd,v}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd,v}$** : *1243.55* kN

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.002*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.01* kN·m

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

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

$M_{T,Rd}$: *8.80* kN·m

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *60.41* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.174*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N52, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *84.39* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.01* kN·m

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

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

$V_{pl,T,Rd}$: *484.02* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *484.35* kN

$\mathbf{\tau_{T,Ed}}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\mathbf{\tau_{T,Ed}}$: *0.24* MPa

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

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *60.41* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

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

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\mathbf{\gamma_{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\mathbf{\gamma_{M0}}$: *1.05*

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.08* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.01* kN·m

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

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

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *1243.55* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *1244.38* kN

$\mathbf{\tau_{T,Ed}}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\mathbf{\tau_{T,Ed}}$: *0.24* MPa

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

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *60.41* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

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

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\mathbf{\gamma_{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\mathbf{\gamma_{M0}}$: *1.05*

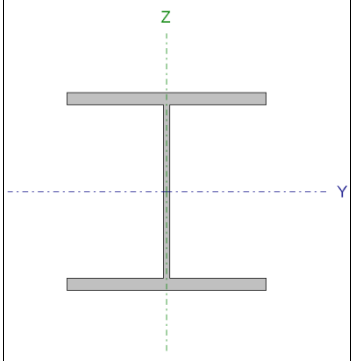
VIGAS PARA FORMACIÓN DE HUECOS

Perfil: HEB 280

Aprovechamiento de la resistencia: 60,9%

Aprovechamiento de la flecha: 82,8%

Perfil: HE 280 B
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N55	N54	2.219	131.40	19270.00	6595.00	143.70

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

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.000	2.219	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

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

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N55/N54	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	η < 0.1	x: 2.219 m η = 60.2	x: 2.219 m η = 0.7	x: 0 m η = 24.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.219 m η = 60.9	η < 0.1	η = 0.7	x: 0 m η = 24.4	η < 0.1	**CUMPLE η = 60.9**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

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

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

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

$\bar{\lambda}$: ***0.21*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de **Clase** : *1*

deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *131.40* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico. $\mathbf{N_{cr}}$: *81112.19* kN

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

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *81112.19* 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. $\mathbf{N_{cr,z}}$: ∞

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

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

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

Donde:

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_y}$: *19270.00* cm4

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *6595.00* cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *143.70* cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *1130000.00* cm6

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

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

$\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{ky}}$: *2.219* m

$\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *0.000* m

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

$\mathbf{i_0}$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $\mathbf{i_0}$: *14.03* cm

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

Siendo:

$\mathbf{i_y}$, $\mathbf{i_z}$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $\mathbf{i_y}$: *12.11* cm; $\mathbf{i_z}$: *7.08* cm

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

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

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$ **23.24 ≤ 169.50** ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. **h_w** : *244.00* mm
t_w: Espesor del alma. **t_w** : *10.50* mm
A_w: Área del alma. **A_w** : *25.62* cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. **$A_{fc,ef}$** : *50.40* cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. **k** : *0.30*
E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. **f_{yf}** : *265.00* MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$ $\eta <$ ***0.001*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$ $\eta <$ ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *0.84* kN

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ **$N_{c,Rd}$** : *3316.29* 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** : *131.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

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

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

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

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{N_{b,Rd}}$: *3307.83* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. $\mathbf{A}$: *131.40* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

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

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$ χ_y : *1.00*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$ ϕ_y : *0.52*

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_y : *0.34*

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

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$ $\bar{\lambda}_y$: *0.21*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: *81112.19* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *81112.19* kN

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.602*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N54, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *232.90* kN·m

Para flexión negativa:

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

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{M_{c,Rd}}$: *387.15* 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*

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *1534.00* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

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

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.007*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N54, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *1.29* kN·m

Para flexión negativa:

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

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{M_{c,Rd}}$: *181.11* 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*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la $\mathbf{W_{pl,z}}$: *717.60* cm³

fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$ **η** : ***0.243*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N55, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *145.89* kN

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

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$ **$V_{c,Rd}$** : *599.31* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *41.13* cm²

$$A_V = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *280.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *10.50* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

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

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

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

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$ **18.67** < **65.92** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *18.67*

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

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *65.92*

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

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

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

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 : *265.00* MPa

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

Se debe satisfacer:

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

η < ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.74* kN

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

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

$V_{c,Rd}$: *1541.34* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *105.78* cm²

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

Siendo:

A: Área de la sección bruta. A : *131.40* cm²

d: Altura del alma. d : *244.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *10.50* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

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

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

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

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2} \qquad \mathbf{145.89\ kN} \leq \mathbf{299.66\ kN}$$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *145.89* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *599.31* kN

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

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

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2} \qquad \mathbf{0.74\ kN} \leq \mathbf{770.67\ kN}$$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.74* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *1541.34* kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \qquad \eta : \mathbf{0.609}$$ ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \qquad \eta : \mathbf{0.606}$$ ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \qquad \eta : \mathbf{0.368}$$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N54, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed}$:	*0.84*	kN
$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed}^{+}$:	*232.90*	kN·m
	$M_{z,Ed}^{+}$:	*1.29*	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 compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd}$:	*3316.29*	kN
$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{pl,Rd,y}$:	*387.15*	kN·m
	$M_{pl,Rd,z}$:	*181.11*	kN·m

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

A: Área de la sección bruta.	**A** :	*131.40*	cm²
$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y}$:	*1534.00*	cm³
	$W_{pl,z}$:	*717.60*	cm³
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} :	*252.38*	MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y :	*265.00*	MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} :	*1.05*	

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

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

k_y : *1.00*

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

k_z : *1.00*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y}$:	*1.00*
	$C_{m,z}$:	*1.00*
χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	χ_y :	*1.00*
	χ_z :	*1.00*
$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	$\bar{\lambda}_y$:	*0.21*
	$\bar{\lambda}_z$:	*0.00*
α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y :	*0.60*
	α_z :	*0.60*

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$$V_{Ed,y} \leq \frac{V_{c,Rd,y}}{2}$$ **0.74 kN ≤ 768.60 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,y}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed,y}$** : *0.74* kN

$V_{c,Rd,y}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd,y}$** : *1537.21* 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** : ***0.007*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.08* kN·m

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

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$ **$M_{T,Rd}$** : *11.63* kN·m

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *79.83* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$ **η** : ***0.244*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N55, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *145.89* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.08* kN·m

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

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

$V_{pl,T,Rd}$: *597.71* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *599.31* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.98* MPa

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

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *79.83* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

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

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.74* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *0.08* kN·m

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

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

$V_{pl,T,Rd}$: *1537.21* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *1541.34* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.98* MPa

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

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *79.83* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

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

3.2.9. ESTUDIO DE LOS PÓRTICOS

Los pórticos empleados en las construcciones industriales de estructura metálica se dividen en tres tipos: pórticos de alma llena con perfiles de sección constante, formando triangulaciones (celosías) o pórticos de alma llena con perfiles de sección variable.

La última opción queda descartada ya que los perfiles de sección variable se emplean para distancias entre pórticos a partir de 8-10 m, y la distancia entre los pórticos de la presente nave es de 7 m.

A continuación se realizará el estudio de las dos opciones restantes, valorando las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas, y finalmente, tomando una decisión.

3.2.9.1. Pórtico en celosía

Se propone la opción de emplear pórticos en celosía para salvar los 21 m de luz con los que cuenta la nave y evitar el uso de perfiles de grandes secciones.

En construcciones industriales el uso de triangulaciones está muy extendido por las siguientes razones:

- Para el soporte de las cargas de la cubierta
- Para salvar grandes luces
- Para aportar estabilidad horizontal al edificio

Además de las razones mencionadas, mediante el empleo de celosías se pretende ahorrar material y evitar el uso de perfiles de grandes secciones, aligerando de este modo la estructura.

Existe una amplia gama de celosías, siendo el uso de una u otra decisión del proyectista en función de las características del edificio. Entre los tipos de celosía más comunes se hallan los siguientes:

CELOSIA HOWE – Compuesta por montantes verticales entre el cordón superior e inferior. Las diagonales se unen en sus extremos donde coincide un montante con el cordón superior e inferior. De esta forma las diagonales trabajan a compresión mientras que las montantes trabaja a tracción.

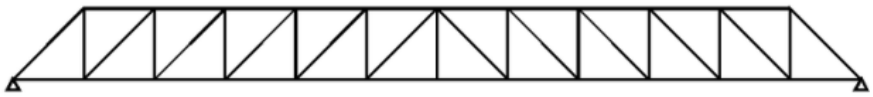


Figura 65. *Celosía Howe*

CELOSÍA PRATT – A diferencia de la celosía Howe, las barras están inclinadas en sentido contrario, por lo que las diagonales están sometidas a tracción y las montantes a compresión.

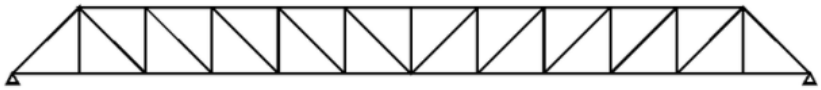


Figura 66. *Celosía Pratt*

CELOSÍA WARREN – Compuesta únicamente por diagonales. Típicamente en una celosía de este tipo en una cubierta plana, todos los triángulos son isósceles y tienen la misma longitud. Si las cargas se aplican verticalmente en sus nudos superiores, las diagonales trabajan alternativamente a compresión y a tracción.

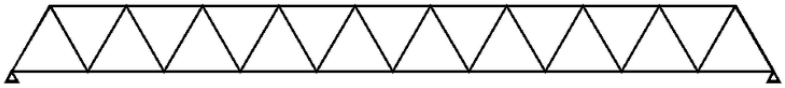


Figura 67. *Celosía Warren*

Los tipos ce celosía descritos se emplean para grandes luces a partir de 20 m y además es posible diseñar el cordón superior en pendiente (una o dos aguas) para soportar la cubierta.

Teniendo en cuenta los diferentes tipos de triangulaciones existentes y las ventajas y desventajas que ofrece cada una de ellas, se ha optado finalmente por el uso de una celosía Warren, que presenta una buena relación peso-resistencia, ya que cuenta únicamente con diagonales, eliminando las montantes. Dado que la cubierta de la nave cuenta con una inclinación de 5º respecto a la horizontal, será necesario diseñar el cordón superior para dicha pendiente y se verificará si en dicha disposición las diagonales trabajar alternativamente a tracción y a compresión.

Para llevar a cabo el estudio de la celosía se empleará el programa CESPLA, en el que resulta necesario introducir la geometría de la celosía.

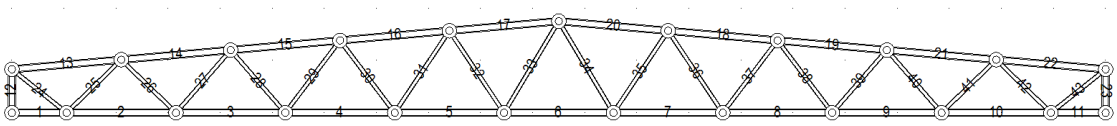


Figura 68. *Celosía Warren diseñada*

El cordón inferior de la celosía cuenta con 21 m de longitud los nudos de las diagonales están separados 2,1 m entre sí, logrando de esta forma 10 triangulos (9 enteros y 2 mitades).

3.2.9.1.1. Hipótesis de carga

A continuación se llevará a cabo el dimensionamiento de los cordones superiores, inferiores y las diagonales. Para ello resulta necesario el estudio del comportamiento de las barras que componen la celosía sometidas a las diferentes solicitaciones definidas en el apartado "3.1.4.2.3. Combinaciones de carga y validación del cerramiento":

Dichas solicitaciones se resumen en 3 hipótesis de carga:

5. $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_{vs} \cdot q_{vs}$
10. $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_n \cdot q_n + \gamma_{vp} \cdot \Psi_0 \cdot q_{vp}$
13. $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_{vp} \cdot q_{vp} + \gamma_n \cdot \Psi_0 \cdot q_n$

En el apartado "3.1.4.2.1. Acciones" y "3.1.4.2.2. Resumen de las acciones" pueden consultarse las solicitaciones a las que estará sometida la cubierta, que a su vez serán transmitidas por la cubierta a las correas y por las correas al cordón superior de la celosía. Para el cálculo a tracción y compresión de las barras se supondrá que las correas transmiten las cargas directamente a los nudos del cordón superior, aunque en la realidad esto no ocurra así. Posteriormente al cálculo a tracción y compresión, se verificará el cordón superior a flexión.

Hipótesis nº 5

Para el estudio de la hipótesis nº 5 se tendrá en cuenta la solicitación que produce el viento a succión cuando actúa transversalmente a la nave. Resulta necesario consultar el dibujo del apartado "3.1.4.2.1. Acciones"> Acciones variables> Viento>Viento transversal, con el que se deduce que los pórticos que más sufrirán la acción del viento, por ser esta mayor, serán el 1 y el 2. El pórtico 1 será un pórtico hastial por lo que soportará la mitad de carga que el pórtico 2, deduciendo de esta forma, que el más afectado y por lo tanto, el pórtico a estudiar será el pórtico 2.

Con el fin de evitar el costoso trabajo que supone la introducción de diferentes valores de carga del viento en el cordón superior de la celosía, se calculará un valor medio del viento a succión. Para ello se consultarán los valores de viento obtenidos en el apartado mencionado anteriormente y se realizará una media de los mismos.

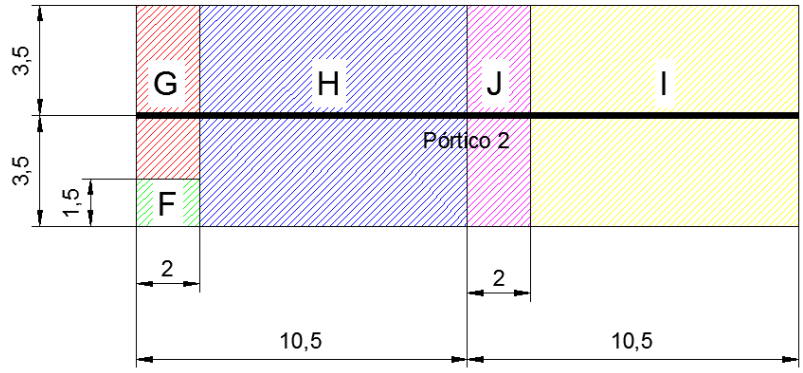


Figura 69. *Viento transversal sobre la cubierta de la nave*

q_F= 2,033 kN/m^2
q_G= 1,57kN/m^2
q_H= 1,023 kN/m^2
q_I= 1,023 kN/m^2
q_J= 1,023 kN/m^2

Multiplicando cada valor de viento por su área tributaria se obtienen los siguientes valores:

q_F= 2,0 33 x 1,5= 3,05 kN/m
q_G= 1,57x5,5 = 8,64 kN/m
q_H= 1,023x7=7,16 kN/m
q_I= 1,023x7 = 7,16 kN/m
q_J= 1,023x7= 7,16 kN/m

Obteniendo un valor medio para la acción del viento a succión cuyo valor es 7,59 kN/m.

Hipótesis nº 13

Entre las hipótesis 10 y 13, se supone que la hipótesis 13 será más crítica dado que el valor del viento a presión es mayor que el de la nieve. Por lo que se realizará el estudio únicamente de la hipótesis nº 13.

Para ello será necesario obtener el valor medio del viento a presión, siguiendo los mismos pasos que en el apartado anterior. Asimismo el valor más crítico de viento a presión se produce cuando el viento azota la nave transversalmente. En este caso se empleará el mismo dibujo que en la hipótesis nº 5, que facilitará la comprensión de los cálculos. Los valores que toma el viento en este caso son los siguientes:

q_F= 0,338 kN/m^2
q_G= 0,338 kN/m^2

q_H= 0,338 kN/m^2
q_I= 0,212 kN/m^2
q_J= 0,518 kN/m^2

Multiplicando cada valor de viento por su área tributaria se obtiene los siguientes valores:

q_F= 0,338 x 1,5= 0,51 kN/m
q_G= 0,338 x5,5 = 1,84 kN/m
q_H= 0,338x7=2,37 kN/m
q_I= 0,212x7 = 1,48 kN/m
q_J= 0,518 x7= 3,63 kN/m

Obteniendo un valor medio para la acción del viento a presión cuyo valor será 2,12 kN/m.

3.2.9.1.2. Cálculos

Hipótesis 5

El programa CESPLA no permite la opción de introducir cargas perpendiculares a los ejes locales de cada barra, dado que el viento actúa perpendicularmente al cordón superior, resulta necesario la descomposición de dicha carga en los ejes globales x e y, el peso propio no será necesario descomponerlo, dado que al ser una carga gravitatoria actúa en el eje y.

$$5.\ \gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_{vs} \cdot q_{vs} \rightarrow 0{,}8 \cdot q_{pp} + 1{,}5 \cdot q_{vs}$$

EJE Y

$$0{,}8 \cdot q_{pp} + 1{,}5 \cdot q_{vs} \cdot \cos 5º \rightarrow$$

$$0{,}8 \cdot 0{,}86 + 1{,}5 \cdot (-7{,}59) \cdot \cos 5º \rightarrow$$

$$0{,}69\ kN/m + (-11{,}34)\ kN/m$$

EJE X

$$1{,}5 \cdot q_{vs} \cdot \sin 5º \rightarrow$$

$$1{,}5 \cdot (-7{,}59) \cdot \sin 5º \rightarrow$$

$$-0{,}99\ kN/m$$

Multiplicando dichos valores por la distancia entre nudos (2,1 m), se obtiene 1,44 kN para el peso propio y 23,8 kN para el viento en el eje y, y 2,1 kN para el viento en el eje x.

PESO PROPIO

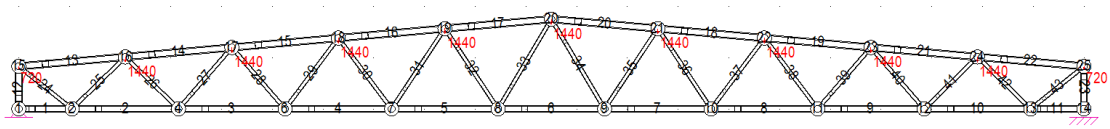


Figura 70. *Peso propio (hipótesis nº5)*

VIENTO

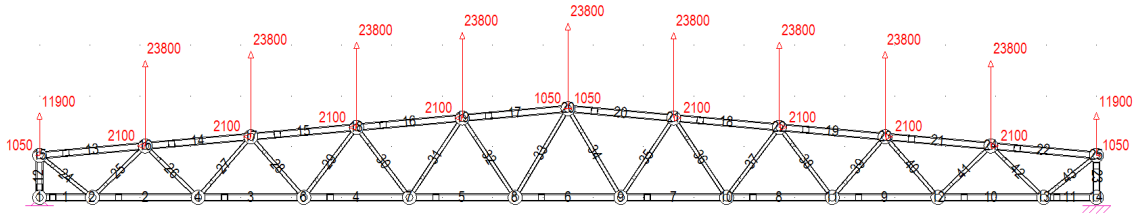


Figura 71. *Acción del viento (hipótesis nº5)*

HIPÓTESIS Nº5

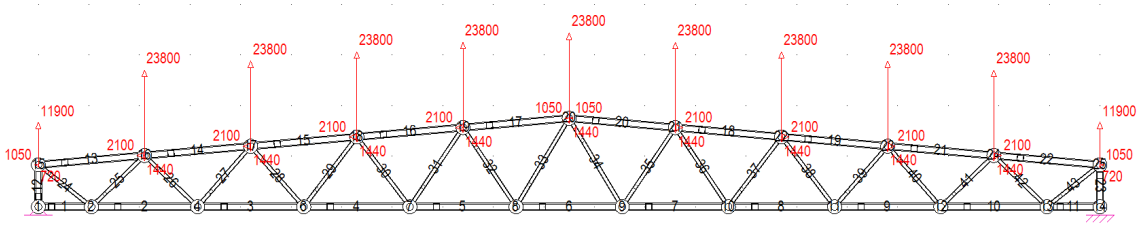


Figura 72. *Hipótesis nº 5*

RESULTADOS

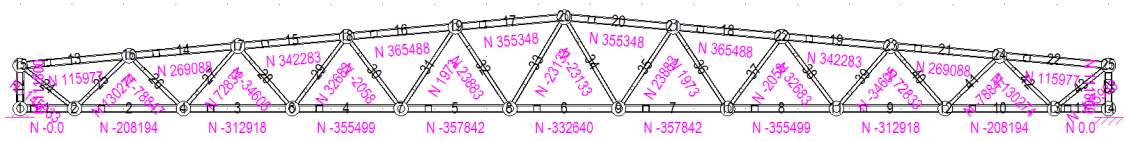


Figura 73. *Resultados (hipótesis nº 5)*

Nº de barra	Valor de fuerza axial (kN)	Nº de barra	Valor de fuerza axial (kN)
1	0	23	111,8
2	-208,19	24	-145,93
3	-312,92	25	130,27
4	-355,5	26	-78,85

5	-357,84	27	72,83
6	-332,64	28	-34,61
7	-357,84	29	32,68
8	-355,5	30	-2,58
9	-312,92	31	1,97
10	-208,19	32	23,88
11	0	33	-23,13
12	111,8	34	-23,13
13	115,98	35	23,88
14	269,08	36	1,97
15	342,28	37	-2,58
16	365,48	38	32,68
17	355,35	39	-34,61
18	355,35	40	72,83
19	365,48	41	-78,85
20	342,28	42	130,27
21	269,08	43	-145,93
22	115,98		

Se indica en color rojo las barras de los cordones y las diagonales más críticas a tracción y en color azul las más críticas a succión.

Hipótesis 13

13. $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_{vp} \cdot q_{vp} + \gamma_n \cdot \Psi_0 \cdot q_n \rightarrow 1{,}35 \cdot q_{pp} + 1{,}5 \cdot q_{vp} + 1{,}5 \cdot 0{,}5 \cdot q_n$

EJE Y

$1{,}35 \cdot q_{pp} + 1{,}5 \cdot q_{vp} \cdot \cos 5º + 1{,}5 \cdot 0{,}5 \cdot q_n \rightarrow$

$1{,}35 \cdot 0{,}86 + 1{,}5 \cdot 2{,}12 \cdot \cos 5º + 1{,}5 \cdot 0{,}5 \cdot 2{,}1 \rightarrow$

$1{,}16\ kN/m + 3{,}17\ kN/m + 1{,}58\ kN/m$

EJE X

$1{,}5 \cdot q_{vp} \cdot \sin 5º \rightarrow$

$1{,}5 \cdot 2{,}12 \cdot \sin 5º \rightarrow$

$0{,}28\ kN/m$

Multiplicando dichos valores por la distancia entre nudos, 2,1 m, se obtiene 2,44 k N para el peso propio, 6,66 k N para el viento y 3,32 k N para la nieve en el eje y, y 0,59 k N para el viento en el eje x.

PESO PROPIO

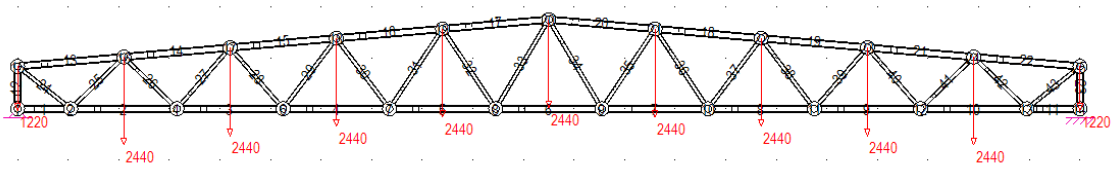


Figura 74. *Peso propio (hipótesis nº13)*

VIENTO

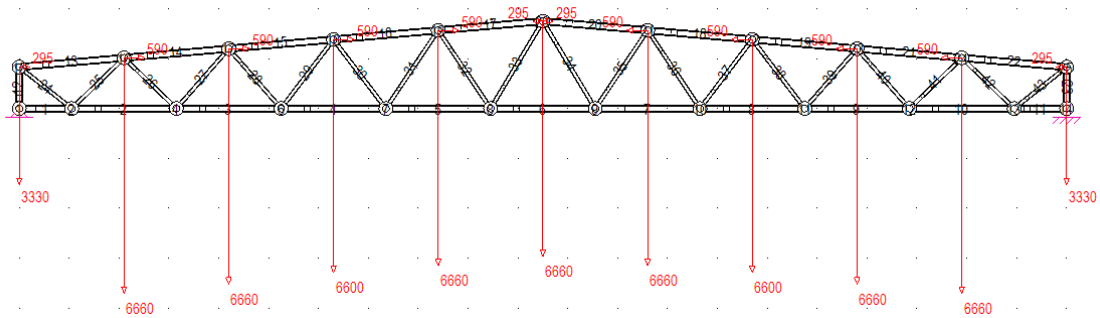


Figura 75. *Acción del viento (hipótesis nº13)*

NIEVE

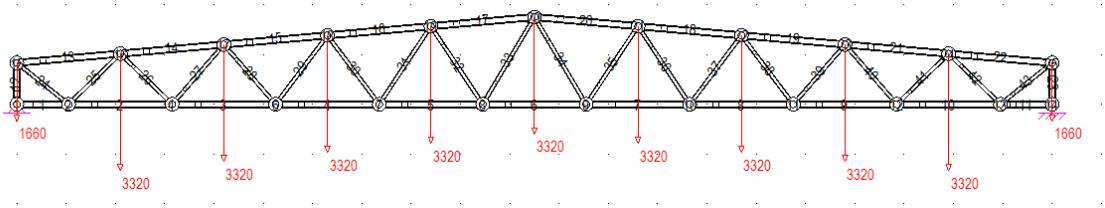


Figura 76. *Sobrecarga de nieve (hipótesis nº13)*

HIPÓTESIS Nº13

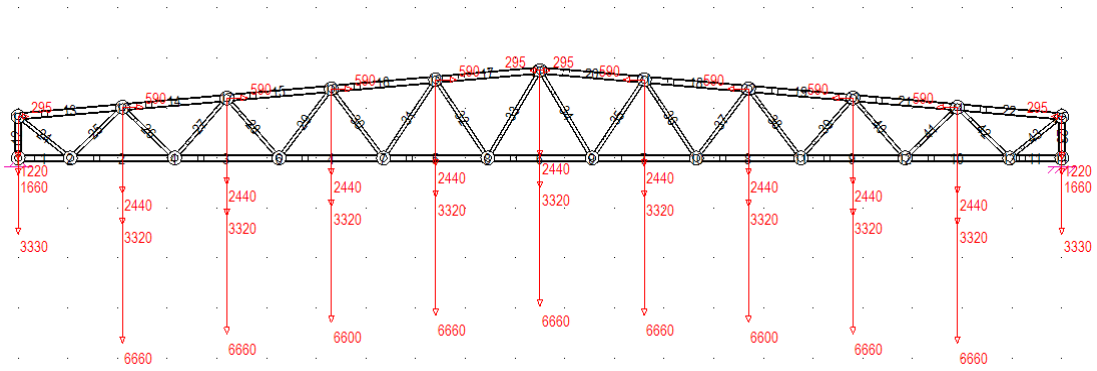


Figura 77. H*ipótesis nº13*

RESULTADOS

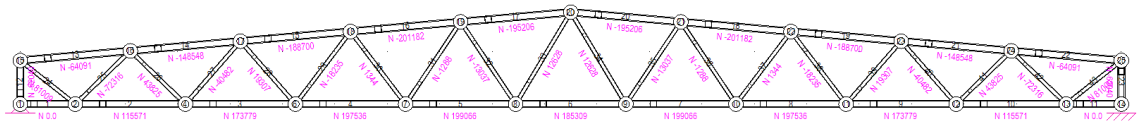


Figura 78. Resultados (h*ipótesis nº13)*

Nº de barra	Valor de fuerza axial (kN)	Nº de barra	Valor de fuerza axial (kN)
1	0	23	-62,04
2	115,57	24	81
3	173,78	25	-72,32
4	197,53	26	43,83
5	199,06	27	-40,48
6	185,31	28	19,31
7	199,06	29	-18,24
8	197,53	30	1,34
9	173,78	31	-1,88
10	115,57	32	-13,04
11	0	33	12,63
12	-62,04	34	12,63
13	-64,09	35	-13,04
14	-148,55	36	-1,88
15	-188,7	37	1,34
16	-201,18	38	-18,24
17	-195,21	39	19,31
18	-195,21	40	-40,48
19	-201,18	41	43,83
20	-188,7	42	-72,32
21	-148,55	43	81
22	-64,09		

Se indica en color rojo las barras de los cordones y las diagonales más críticas a tracción y en color azul las más críticas a succión.

3.2.9.1.3. Dimensionamiento

Se estudiará la resistencia de las secciones de los cordones y las diagonales de la celosía tanto a tracción como a compresión, así como su comportamiento a pandeo.

Todas las barras que forman la celosía serán perfiles tubulares cuadrados, siendo el cordón superior e inferior el mismo tipo de perfil.

Los cálculos se realizaran acordes al DB-SE-A del CTE.

A priori se optará por emplear perfiles tubulares 140x140x10 para los cordones superiores e inferiores y diagonales 80x80x8. Se empleará acero S355 para todos los perfiles de la celosía, aumentando la resistencia de los mismos, sin tener que aumentar su sección.

Cálculo a compresión

Como capacidad a pandeo por flexión en compresión centrada de una barra de sección constante puede considerarse:

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

Siendo

A Área de la sección transversal en las clases 1,2 y 3 o área eficaz en secciones de clase 4.

f_{yd} Resistencia ce cálculo el acero, tomando $f_{yd} = f_y/\gamma_{M1}$, con $\gamma_{M1} = 1{,}05$, de acuerdo a apartado 2.3.3. del CTE-DB-SE-A.

χ Coeficiente de reducción por pandeo, cuyo valor puede obtenerse en los epígrafes siguientes en función de la esbeltez reducida y la curva de pandeo apropiada al caso.

Se denomina esbeltez reducida ($\bar{\lambda}$), a la raíz cuadrada del cociente entre la resistencia plástica de la sección de cálculo y la compresión crítica por pandeo, de valor:

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

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I$$

En el cálculo a compresión la esbeltez reducida debe tener un valor menor que 2.

Siendo

E Módulo de elasticidad, que para el acero toma el valor de $2{,}1 \cdot 10^5\ Pa\ (N/mm^2)$

I Momento de inercia del área de la sección para flexión en el plano considerado

L_k Longitud de pandeo de la pieza

Cálculo a tracción

Como resistencia de las secciones a tracción, se emplea la plástica de la sección bruta.

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

En la verificación de las barras a tracción la esbeltez reducida debe tener un valor menor que 3.

ESTUDIO DEL CORDÓN INFERIOR

COMPRESIÓN

Barras 5 y 7

Se estudiará las barras del cordón inferior que estén sometidas a una compresión mayor. La longitud de Pandeo del cordón inferior dentro del plano será la distancia entre diagonales, 2,1 m. En cambio fuera del plano pandeará como si fuera una única pieza, dada la falta de arriostramientos en dicho plano. Para solucionar dicho problema se propone la opción de arriostrar el cordón inferior en tres puntos, diciendo los tramos en 7,35-6,3-7,35 m.

Se procederá al estudio de las barras 5 y 7 que pertenecerán al 2º tramo de 6,2 m y que serán las barras del cordón inferior que mayor compresión deberán aguantar (357,84 kN).

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I \rightarrow$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{6300}\right)^2 \cdot 2{,}1 \cdot 10^5 \cdot 1312 \cdot 10^4 \rightarrow N_{cr} = 6{,}85 \cdot 10^5$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yd}}{N_{cr}}} \rightarrow \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{48{,}6 \cdot 10^2 \cdot 338{,}1}{6{,}85 \cdot 10^5}} = 1{,}66 < 2 \rightarrow \textbf{CUMPLE}$$

A los tubos conformados en frio les corresponde una curva de pandeo c para ambos ejes e pandeo según la tabla 6.2. del DB-SE-A. Con ese dato y con el valor de la el valor de la esbeltez reducida se deduce a partir de la tabla 6.3. que al perfil le corresponde un coeficiente de pandeo $\chi = 0{,}28$.

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \rightarrow N_{b,Rd} = 0{,}28 \cdot 48{,}6 \cdot 10^2 \cdot 338{,}1 = 528{,}13\ kN$$

$$528{,}13\ kN > 387{,}54\ kN \rightarrow \textbf{CUMPLE}$$

Barras 4 y 8

De igual manera se procederá al estudio de las barras 4 y 8 que estarán sometidas a una menor compresión (355,5 kN), pero pertenecerán a un tramo de mayor longitud de pandeo (7,35 m).

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I \rightarrow$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{7350}\right)^2 \cdot 2{,}1 \cdot 10^5 \cdot 1312 \cdot 10^4 \rightarrow N_{cr} = 5{,}03 \cdot 10^5$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yd}}{N_{cr}}} \rightarrow \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{48{,}6 \cdot 10^2 \cdot 338{,}1}{5{,}03 \cdot 10^5}} = 1{,}8 < 2 \rightarrow \textbf{CUMPLE}$$

A los tubos conformados en frio les corresponde una curva de pandeo c para ambos ejes e pandeo según la tabla 6.2. del DB-SE-A. Con ese dato y con el valor de la el valor de la esbeltez reducida se deduce a partir de la tabla 6.3. que al perfil le corresponde un coeficiente de pandeo $\chi = 0{,}23$.

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \rightarrow N_{b,Rd} = 0{,}23 \cdot 48{,}6 \cdot 10^2 \cdot 338{,}1 = 377{,}93\ kN$$

$$377{,}93\ kN > 355{,}5\ kN \rightarrow \textbf{CUMPLE}$$

TRACCIÓN

Barras 5 y 7

Las barras que estarán sometidas a mayor tracción, serán la 5 y la 7 que deberán soportar 199,06 kN.

Se procede al cálculo que debe tener el perfil seleccionado para soportar las cargas a tracción a las que está sometido.

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} \rightarrow A = \frac{N_{pl,Rd}}{f_{yd}}$$

$$A = \frac{199060}{388,1} = 512,91\ mm^2$$

$$A_{140x140x10} = 4860\ mm^2 > 512,91\ mm^2 \rightarrow \textbf{CUMPLE}$$

Como se trata del mismo perfil estudiado en el apartado anterior la longitud de pandeo calculada será la misma 1,66 que es menor que 3 y por lo tanto resulta admisible.

CORDÓN SUPERIOR

COMPRESIÓN

Barras 16 y 19

El cordón superior de la celosía tendrán una longitud dentro del plano igual a distancia entre diagonales (2,1 m). Fuera del plano, las correas de cubierta se encargarán de arriostrar el cordón superior, por lo que la longitud de pandeo coincidirá con la distancia entre correas (1,75 m). Entre ambas longitudes de pandeo resulta más crítica los 2,1 m que corresponden a la longitud de pandeo dentro de plano, por lo que se analizará dicho caso.

Las barras del cordón superior que estarán sometidas a mayor compresión son la 16 y la 19, 201,18 kN.

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I \rightarrow$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{2100}\right)^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 1312 \cdot 10^4 \rightarrow N_{cr} = 61,66 \cdot 10^5$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yd}}{N_{cr}}} \rightarrow \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{48,6 \cdot 10^2 \cdot 338,1}{61,66 \cdot 10^5}} = 0,52 < 2 \rightarrow \textbf{CUMPLE}$$

A los tubos conformados en frio les corresponde una curva de pandeo c para ambos ejes e pandeo según la tabla 6.2. del DB-SE-A. Con ese dato y con el valor de la el valor de la esbeltez reducida se deduce a partir de la tabla 6.3. que al perfil le corresponde un coeficiente de pandeo $\chi = 0,84$.

$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \rightarrow N_{b,Rd} = 0{,}84 \cdot 48{,}6 \cdot 10^2 \cdot 338{,}1 = 1329{,}14\ kN$

$1329{,}14kN > 201{,}18\ kN \rightarrow$ **CUMPLE**

TRACCIÓN

Barras 16 y 19

Las barras del cordón superior que estarán sometidas a mayor tracción son la 16 y la 19, siendo ésta de 365,48 kN.

Se procederá al cálculo que debe tener el perfil seleccionado para soportar las cargas a tracción a las que está sometido.

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} \rightarrow A = \frac{N_{pl,Rd}}{f_{yd}}$$

$$A = \frac{365480}{388{,}1} = 941{,}71\ mm^2$$

$A_{140x140x10} = 4860\ mm^2 > 941{,}71\ mm^2 \rightarrow$ **CUMPLE**

Como se trata del mismo perfil estudiado en el apartado anterior la longitud de pandeo calculada será la misma 0,52 que es menor que 3 y por lo tanto resulta admisible.

FLEXIÓN

Para estudiar la flexión del cordón superior de la celosía se supondrá que las correas se disponen en el centro de cada barra, de esta forma se conseguirá simplificar el cálculo. Pese a esta simplificación, posteriormente se llevará a cabo el cálculo mediante el programa CYPE, en el que la disposición de las correas estará correctamente introducida. Por lo que siempre se estará del lado de la seguridad.

Se considera que la tensión generada de tracción o compresión junto con la de flexión no debe superar la tensión admisible del acero, siendo esta $338{,}1\ kN/m^2$.

$$\sigma_{adm} \geq \frac{N}{A} + \frac{M}{W} \rightarrow$$

$\frac{N}{A} + \frac{M}{W} = \frac{366\ kN}{48{,}6 \cdot 10^{-4}} + \frac{11{,}74\ kN \cdot m}{187 \cdot 10^{-6}} = 138{,}9\ kN/m^2 < 388{,}1 kN/m^2 \rightarrow$ **CUMPLE**

En flexión y tracción combinadas el cordón superior de la celosía deberá cumplir lo siguiente:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{Ed}}{M_{El,Rd}} \leq 1 \rightarrow \frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{Ed}}{W \cdot f_{yd}} \leq 1 \rightarrow$$

$$\frac{366000\ N}{48{,}6 \cdot 10^2\ mm \cdot 338{,}1 \frac{N}{mm^2}} + \frac{11{,}74 \cdot \frac{10^6 N}{mm^2}}{187 \cdot 10^3 \cdot 338{,}1 \frac{N}{mm^2}} \leq 1 \rightarrow$$

$0{,}4 \leq 1 \rightarrow$ **CUMPLE**

ESTUDIO DE LAS DIAGONALES

COMPRESIÓN

Las diagonales son barras biarticuladas, por lo que tanto dentro como fuera del plano tendrán una longitud de pandeo equivalente a su longitud real.

Las diagonales que más solicitadas estarán a compresión son las diagonales extremas, la 24 y la 43, siendo está solicitación de 146 kN. La longitud de dichas diagonales será de 1,34 m.

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I \rightarrow$$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{1340}\right)^2 \cdot 2{,}1 \cdot 10^5 \cdot 168 \cdot 10^4 \rightarrow N_{cr} = 19{,}39 \cdot 10^5$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_{yd}}{N_{cr}}} \rightarrow \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{20{,}8 \cdot 10^2 \cdot 338{,}1}{19{,}39 \cdot 10^5}} = 0{,}65 < 2 \rightarrow$$ **CUMPLE**

A los tubos conformados en frio les corresponde una curva de pandeo c para ambos ejes e pandeo según la tabla 6.2. del DB-SE-A. Con ese dato y con el valor de la el valor de la esbeltez reducida se deduce a partir de la tabla 6.3. que al perfil le corresponde un coeficiente de pandeo $\chi = 0{,}755$

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} \rightarrow N_{b,Rd} = 0{,}755 \cdot 20{,}8 \cdot 10^2 \cdot 338{,}1 = 530{,}95\ kN$$

$530{,}95 kN > 146\ kN \rightarrow$ **CUMPLE**

TRACCIÓN

Las diagonales que más solicitadas estarán a tracción son las diagonales 25 y 42, siendo está solicitación de 130 kN.

Se procederá al cálculo que debe tener el perfil seleccionado para soportar las cargas a tracción a las que está sometido.

$$N_{t,Rd} \leq N_{pl,Rd} = A \cdot f_{yd} \rightarrow A = \frac{N_{pl,Rd}}{f_{yd}}$$

$$A = \frac{130000}{388{,}1} = 334{,}96\ mm^2$$

$A_{80x80x8} = 2080\ mm^2 > 334{,}96\ mm^2 \rightarrow$ **CUMPLE**

Como se trata del mismo perfil estudiado en el apartado anterior la longitud de pandeo calculada será la misma 0,65 que es menor que 3 y por lo tanto resulta admisible.

3.2.9.2. Pórtico de alma llena

A continuación se llevará a cabo el estudio del empleo de pórticos de alma llena con vigas de perfiles laminados. Se ha seleccionado el tipo de perfil HEB, para evitar los problemas de altura que generan los IPE, pese a ser más pesados que estos.

3.2.9.2.1. Hipótesis de carga

En este caso se estudiará la hipótesis nº 5 estudiada anteriormente, dado que es el caso de carga más crítico. Se realizará el estudio con el perfil HEB 320.

5. $\gamma_G \cdot q_{pp} + \gamma_{vs} \cdot q_{vs} \rightarrow 0{,}8 \cdot q_{pp} + 1{,}5 \cdot q_{vs}$

$$0{,}8 \cdot \left(0{,}86 + 0{,}51 + q_{pp\ HEB\ 320}\right)\frac{kN}{m} + 1{,}5 \cdot (-7{,}59)\frac{kN}{m} \rightarrow$$

$$0{,}8 \cdot (0{,}932 + 1{,}242)\frac{kN}{m} + 1{,}5 \cdot (-7{,}59)\frac{kN}{m} \rightarrow$$

$$(745 + 1242)kN/m + (-11{,}38)kN/m$$

3.2.9.2.2. Cálculos y dimensionamiento

Se introducirán las cargas teniendo en cuenta que el viento actúa perpendicularmente a la superficie sobre la que infiere. A continuación se muestran la cargas (mayoradas) en la viga para el cálculo de los ELU.

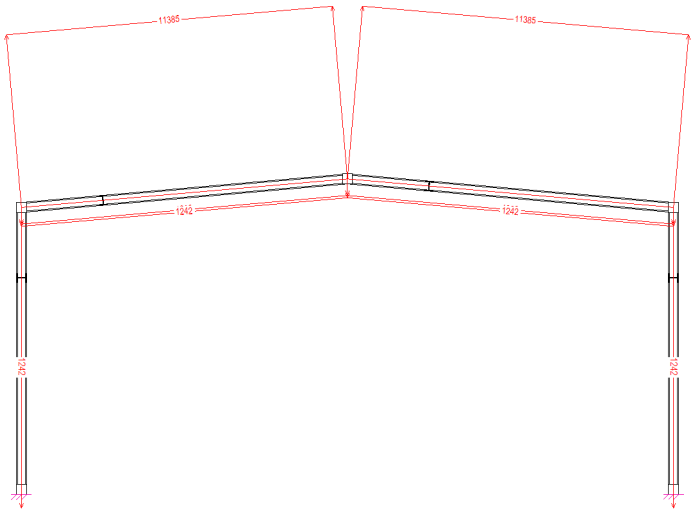


Figura 79. Hipótesis nº5 sobre pórtico de alma llena

Resultados

$N_{Ed} = 55{,}95\ kN$

$V_{Ed} = 90{,}64\ kN$

$M_{y,Ed} = 262{,}45\ kN \cdot m$

El esfuerzo cortante puede ser despreciado cuando sea menor que la mitad de la resistencia plástica de la sección.

$$V_{pl.rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

Donde el término relativo al área a cortante para los perfiles laminados en I cargados paralelamente al alma toma el valor simplificado de $A_v = h \cdot t_w$. La sección de la viga será un perfil laminado HEB 340 cuyas características son las siguientes:

$A = 161{,}35\ cm^2$

$I_Y = 30823\ cm^3$

$W_Y = 1926\ cm^3$

$h = 320\ mm$

$t_w = 11{,}5\ mm$

$A_v = h \cdot t_w \rightarrow A_v = 320\ mm \cdot 11{,}5\ mm = 3680\ mm^2$

$$V_{pl,rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \rightarrow V_{pl.rd} = 3680 \cdot \frac{261,9}{\sqrt{3}} \rightarrow 556,45\ kN$$

$$2 \cdot V_{Ed} = 2 \cdot 94,1 = 188,2\ kN < V_{pl,rd} = 556,45\ kN \rightarrow \textbf{CUMPLE}$$

Por lo que el cortante podrá despreciarse.

A continuación se comprobará la resistencia de la sección de la viga a flexión a través de la siguiente formula:

$$M_{El,Rd} = W_{el} \cdot f_{yd} = 1926 \cdot 10^3\ mm^3 \cdot 261,9 \frac{N}{mm^2} = 504,42 kN/m$$

$$M_{Ed} = 272,48\ kN \cdot m < 504,42 kN/m \rightarrow \textbf{CUMPLE}$$

La condición se cumple, por lo que l perfil se da por válido.

Por último se comprobará la resistencia de la sección a flexotracción mediante la siguiente expresión:

$$\frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_Y \cdot f_{yd}} \leq 1 \rightarrow$$

$$\frac{57,69 \cdot 10^3 kN}{161,35 \cdot 10^2\ mm^2 \cdot 261,9 \frac{N}{mm}} + \frac{272,48 \cdot 10^6 kN \cdot mm}{1926 \cdot 10^3 \cdot 261,9 \frac{N}{mm}} \leq 1 \rightarrow$$

$$0,554 \leq 1 \rightarrow \textbf{CUMPLE}$$

Viendo que el perfil cumple de sobra los ELU, se comprobará si cumple con la flecha límite en cumbrera, que en este caso será 2.L/300=7 cm.

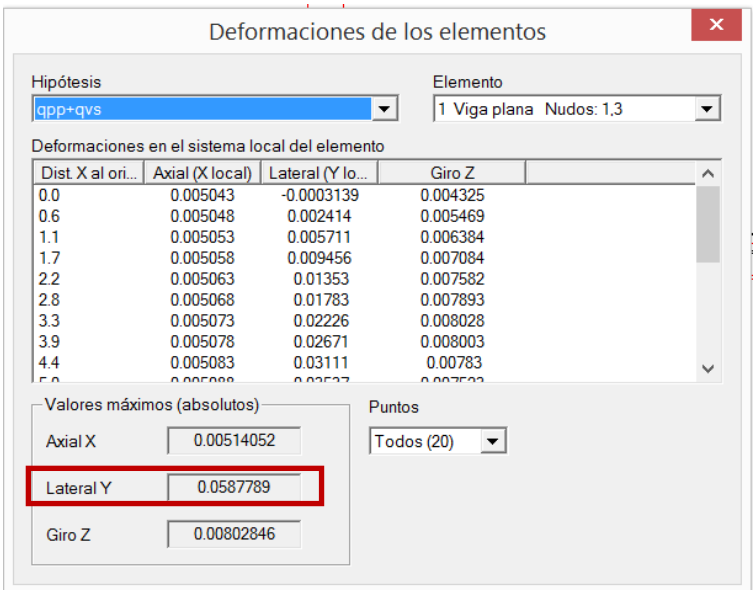


Figura 80. Valor de la deformación máxima en las vigas HEB 340

5,9 cm<7 cm → **CUMPLE**

Se continuará ajustando el perfil, bajando en la escala de los HEB a el perfil HEB 300, realizando las comprobaciones de la misma forma seguida anteriormente.

Resultados

$N_{Ed} = 55{,}95\ kN$

$V_{Ed} = 90{,}64\ kN$

$M_{y,Ed} = 262{,}45\ kN \cdot m$

HEB 300

$A = 149{,}08\ cm^2$

$I_Y = 25166\ cm^3$

$W_Y = 1678\ cm^3$

$h = 300\ mm$

$t_w = 11\ mm$

$A_v = h \cdot t_w \rightarrow A_v = 300\ mm \cdot 11\ mm = 3300\ mm^2$

$V_{pl,rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \rightarrow V_{pl.rd} = 3300 \cdot \frac{261{,}9}{\sqrt{3}} \rightarrow 498{,}99\ kN$

$2 \cdot V_{Ed} = 2 \cdot 90{,}64 = 181{,}28\ kN < V_{pl,rd} = 498{,}99\ kN$ → **CUMPLE**

Por lo que el cortante podrá despreciarse.

A continuación se comprobará la resistencia de la sección de la viga a flexión a través de la siguiente formula:

$M_{El,Rd} = W_{el} \cdot f_{yd} = 1678\ \cdot 10^3\ mm^3 \cdot 261{,}9 \frac{N}{mm^2} = \ 439{,}46\ kN/m$

$M_{Ed} = 262{,}45\ kN \cdot m < \ \ 439{,}46\ kN/m$→ **CUMPLE**

La condición se cumple, por lo que l perfil se da por válido.

Por último se comprobará la resistencia de la sección a flexotracción mediante la siguiente expresión:

$$\frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{yd}} + \frac{M_{y,Ed}}{W_Y \cdot f_{yd}} \leq 1 \rightarrow$$

$$\frac{55{,}95 \cdot 10^3 kN}{161{,}35 \cdot 10^2\ mm^2 \cdot 261{,}9 \frac{N}{mm}} + \frac{262{,}45 \cdot 10^6 kN \cdot mm}{1678 \cdot 10^3 \cdot 261{,}9 \frac{N}{mm}} \leq 1 \rightarrow$$

$0{,}61 \leq 1 \rightarrow$ **CUMPLE**

Viendo que el perfil cumple de sobra los ELU, se comprobará si cumple con la flecha límite en cumbrera, que en este caso será 2.L/300=7 cm.

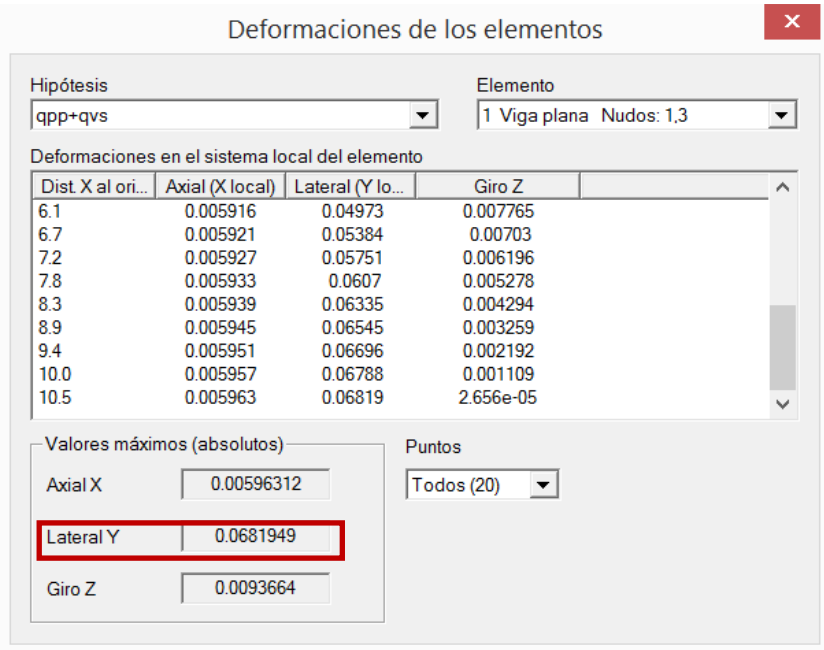


Figura 81. Valor de la deformación máxima en las vigas HEB 300

$6{,}8\ cm \leq 7 \rightarrow$ **CUMPLE**

Quedando de esta forma el perfil lo más optimizado posible, dado que el HEB 280 no cumpliría con la flecha máxima admisible.

3.2.9.3. Conclusión

Se propone el uso de una cercha tipo Warren para salvar los 21 m de luz con los que cuenta la nave. Como anteriormente se supuso, se trata de un tipo de celosía en la que las diagonales trabajan a tracción y a compresión alternativamente, exceptuando las diagonales que se unen en cumbrera. En función de la dirección del viento, los cordones superiores e inferiores trabajan alternativamente a tracción o a compresión.

A continuación se realiza la medición de acero necesaria para la celosía y para el pórtico de alma llena con vigas HEB 300.

CELOSÍA				
Barra	**Cantidad**	**Longitud**	**Peso unitario (kg/m)**	**Peso total**
Cordón superior	2	10,54	38,1	803,14
Cordón inferior	2	10,5	38,1	800,1
24	2	1,34	16,4	43,95
25	2	1,45	16,4	47,56
26	2	1,45	16,4	47,56
27	2	1,6	16,4	52,48
28	2	1,6	16,4	52,48
29	2	1,74	16,4	56,42
30	2	1,74	16,4	56,42
31	2	1,87	16,4	60,63
32	2	1,87	16,4	60,63
33	2	2,04	16,4	66,14

TOTAL: 2212,25 kg

PÓRTIO DE ALMA LLENA				
Barra	**Cantidad**	**Longitud**	**Peso unitario (kg/m)**	**Peso total**
HEB 340	2	10,54	117	2466,36 kg

TOTAL: 2466,36 kg

Por lo que el empleo de un pórtico en celosía además de evitar el uso de perfiles de grandes cantos, un pequeño ahorro de material en cada pórtico, que se traducirá a un mayor ahorro de material en toda la nave (alrededor de 1778,77 kg de acero en toda la nave).

3.2.9.4. Descripción de la celosía

La celosía tipo Warren consta de un cordón superior, un cordón inferior y diagonales que van desde el cordón superior al inferior. La distancia entre nudos en el cordón superior e inferior es de 2,1 m. Por estética tanto el cordón superior como el inferior estarán formados por el mismo tipo de perfil, que en este caso serán perfiles tubulares conformados en frio de dimensiones 140x140x10, al igual que las diagonales, que serán también perfiles tubulares de dimensiones 80x80x8, en acero S275.

Para el cálculo de la estructura de la nave se a decidido empotrar los cordones superiores e inferiores de la celosía a los pilares de los pórticos.

De esta forma los pórticos realizarán el trabajo de montantes, cerrando la celosía por los extremos. La celosía por lo tanto, se empotrará a los pilares en 4 puntos (2 en el cordón superior y 2 en el inferior) mediante placas de testa y tornillos de alta resistencia (calidad 8.8.), dichas uniones serán posteriormente calculadas.

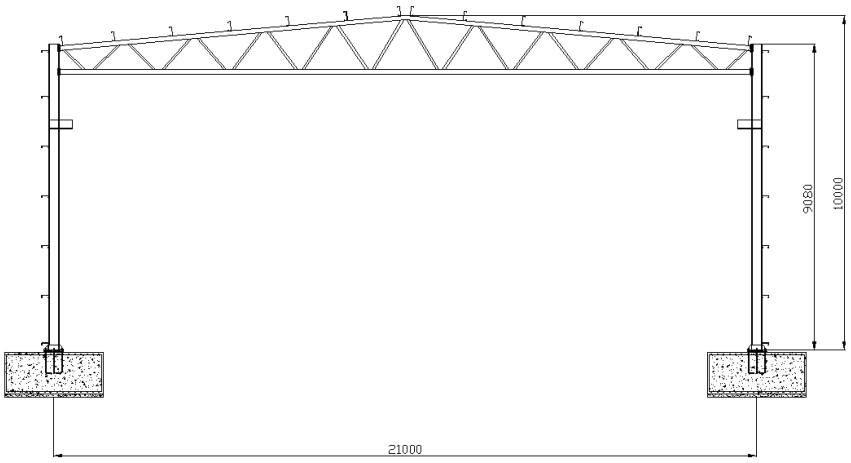


Figura 82. Celosía empotrada a los pilares del pórtico

3.2.10. ESTUDIO EN NUEVO METAL 3D

Una vez realizado el cálculo de las correas en el **"Generador de pórticos" (3.1.6. Dimensionamiento de correas)**, se realizará la exportación de la obra al **"Nuevo Metal 3D"**. Para la exportación es necesario definir los siguientes puntos:

- Pórticos biempotrados
- Pandeo en pórticos traslacionales

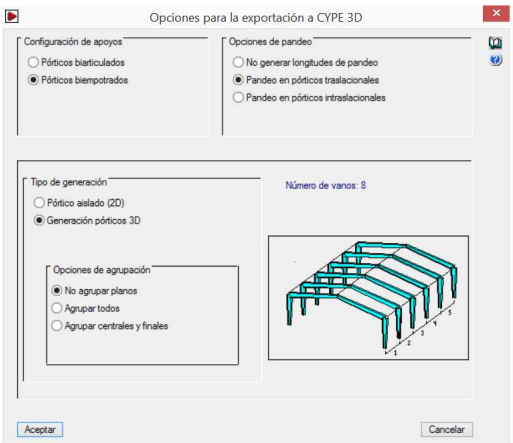


Figura 83. *Ventana con opciones para la exportación a Nuevo Metal 3D*

El siguiente paso será editar la geometría de la celosía e introducir los elementos que faltan para completar la geometría de la nave: entreplanta, ménsulas, vigas de atado entre pórticos, pilarillos hastiales, arriostramientos y vigas de las puertas

La geometría de la celosía se introducirá en todos los pórticos tipo evitando los pórticos hastiales, puesto que éstos se considerarán pórticos de alma llena, evitando el uso de celosías en ellos y reduciendo de esta forma, tiempo de montaje y coste del proyecto.

Una vez hechos los cambios e introducidos los elementos pertinentes, se obtiene la siguiente geometría de nave:

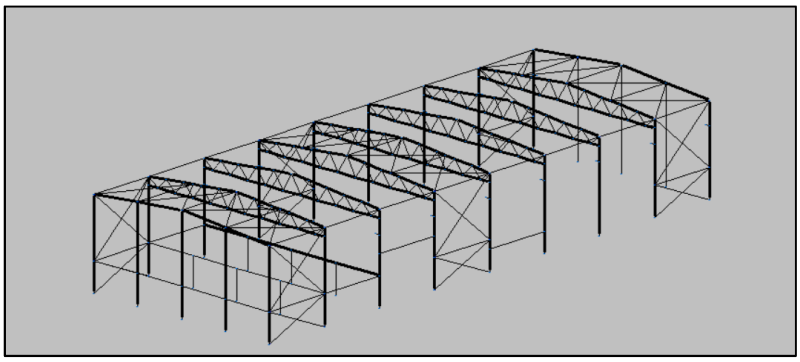


Figura 84. *Geometría completa de la nave*

3.2.10.1. Pandeo

El pandeo es un fenómeno de inestabilidad que sufren los elementos esbeltos sometidos a compresiones excesivas. Se consideran elementos esbeltos aquellos cuya longitud es mucho mayor que cuya sección. El fenómeno de pandeo se manifiesta con una deformación transversal sobre el elemento y limita su capacidad portante. Si dicha deformación aumenta hasta superar la resistencia de la estructura, se produce el colapso de la misma.

Será necesario definir los coeficientes de pandeo (β) para cada barra en el **“Nuevo Metal 3D”**, que se hará ejecutando el comando **Barra>Pandeo**. El coeficiente de pandeo es un valor que depende principalmente de las uniones de la barra y sirve además para definir su longitud de pandeo. O lo que es lo mismo, la distancia que hay entre dos puntos de inflexión de su deformada.

Como en primera instancia no se sabe que barras van a trabajar a compresión y bajo qué hipótesis, se definen los coeficientes de pandeo para todas las barras y en sus dos planos principales. Exceptuando las cruces de San Andrés, ya que son tirantes que trabajan únicamente a tracción y por lo tanto, no sufren dicho fenómeno.

Al hacer la exportación de la obra desde el **"Generador de pórticos"** al **"Nuevo Metal 3D"**, los pórticos se han considerado traslacionales, es decir, se considera que los nudos de los pórticos pueden desplazarse trasversalmente. El plano de los cerramientos, en cambio, se considera intraslacional gracias a la rigidez que le otorgan los elementos estructurales secundarios y los propios cerramientos de la nave.

3.2.10.1.1. Coeficientes de pandeo

La asignación de coeficientes se hará siguiendo el epígrafe 6.3.2. del CTE-DB-SE-A. Concretamente, se plantean en la tabla 6.1 los valores a usar en cada caso.

Tabla 6.1 Longitud de pandeo de barras canónicas

Condiciones de extremo	biarticulada	biempotrada	empotrada articulada	biempotrada desplazable	en ménsula
Longitud L_k	1,0 L	0,5 L	0,7 L	1,0 L	2,0 L

Figura 85. *Coeficientes y longitudes de pandeo*

Al llevar a cabo la asignación de los coeficientes de pandeo a cada barra, se tienen en cuenta los ejes locales de la misma. El plano débil de las barras es el paralelo a las alas que equidistan de ellas y que pasa por su eje de gravedad. Este plano está considerado el xy según los ejes locales que toma CYPE. El plano fuerte de las barras es el xz, coincide con el plano del alma de la pieza.

- **Pilares pórtico tipo:** en el pano de inercia debil **(xy)** se le asigna una longitud de pandeo **(L_k)** de **1,5 m** correspondiente a la distancia entre correas laterales. Estas correas arriostran a los pilares en el plano de los aleros. En el plano de inercia fuerte **(xz)** los pilares están biempotrados, existiendo en los nudos empotrados a la cimentación una imposibilidad de moviemiento y de giro, le correspondería un coeficiente de pandeo de 0,7. Pero existe en el pilar un punto intermedio (ménsula) sin arriostramiento efectivo. Aún así, el pilar se sigue comportando como una única pieza en sus dos tramos. En el caso del plano fuerte **(xz)** no vale con aplicar la formula L_k= β.L, sino que para cada tramo del pilar $\mathbf{L_k= \alpha_i.\beta.L}$ donde $\mathbf{\alpha_i=\sum I_i / I_i}$. Es decir, cada tramo debe tener un coeficiente corrector que asegure que la longitud de pandeo siga constante a pesar de que los tramos de la pieza sean de mayor o menor longitud. En el primer tramo, desde el suelo hasta la ménsula hay una altura de 6,25 m. Y en el segundo, desde la ménsula hasta el dintel hay 2,83 m. El coeficiente α para el primer tramo es (6,75+2,83)/6,75=1,35 y para el segundo tramo

(6,75+2,33)/2,33=3,9. Por tanto, para el primer tramo el resultado es 0,7x1,35=**0,95** y para el segundo tramo 0,7x3,9=**2,72**.

- **Cordón superior de la celosía:** en el plano de inercia débil **(xy)** se le asigna una longitud de pandeo **(L_k)** de **1,75 m** correspondiente a la distancia entre correas de cubierta. En el plano de inercia fuerte **(xz)** el cordón esta biempotrado, al pilar y a otro condón. En este plano la barra es biempotrada translacional, por lo que le corresponde un coeficiente de pandeo cuyo valor es **1**.

- **Cordon inferior de la celosía:** La longitud del cordón inferior de la celosía será de 21 m. Al plano de inercia fuerte **(xz)**, le corresponde un coeficiente de pandeo de 1 ya que se trata de barras biarticuladas, y las diagonales arriostran el cordón en este plano. En el plano de inercia debil, se colocarán arriostramientos mediante perfiles tubulares, que unirán el cordón inferior de la celosía con el cordón superior de la siguiente celosía. La disposición de dichos arriostramientos coincidirá con la disposición de los pilarillos, es decir, se dispondrán 3 alineaciones de arriostramiento distanciadas 5,25 m entre sí. De esta forma la longitud de pandeo **(L_k)** del cordón inferior de la celosía en su plano de inercia debil **(xy)** será de 5,25 m.

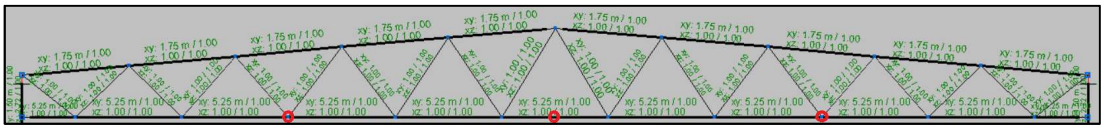


Figura 86. *Coeficientes de pandeo cordón inferior de la celosía*

- **Diagonales:** Se trata de barras biarticuladas, por lo que se considerara un coeficiente de pandeo de **1 en ambos planos**.

- **Pilares pórtico hastial:** aplicando el mismo razonamiento empleado en los pórticos tipo se le asigna en el plano debil **(xy)** una longitud de pandeo **(L_k)** de **1,5 m**. El caso del plano fuerte **(xz)** es diferente para el hastial delantero y para el trasero ya que sus geometrías son diferentes:

  Hastial delantero: se diferencian dos tramos: la parte inferior, desde el suelo hasta la entreplanta y la parte superior, desde la entreplanta hasta el dintel. En este caso se dispone de un arriostramiento efectivo (entreplanta), por lo que se aplica un coeficiente de **0,7** a la **parte inferior** ya que su nudo inferior no permite giros ni desplazamientos (empotramiento a la cimentación), pero el superior si permite desplazamientos

(empotrado traslacional**)**. A la **parte superior** le corresponde un coeficiente de **1** equivalente a un pilar biempotrado traslacional.

Hastial trasero: se diferencian tres tramos, el primero desde el suelo hasta el arriostramiento, el segundo desde el arriostramiento hasta la ménsula y el tercero, desde la ménsula hasta el dintel. Al **primer tramo** le corresponde un coeficiente de **0,7**. Al segundo y tercero juntos les corresponde un coeficiente de 1 que habrá que porrotear, ya que la ménsula se considera un punto intermedio en el pilar sin arriostramiento efectivo. En el segundo tramo, desde el arriostramiento hasta la ménsula hay una altura de 3,25 m. Y en el tercero, desde la ménsula hasta el dintel hay 2,83 m. Por tanto, el coeficiente α para el segundo tramo es (3,75+2,33)/3,75=1,62 y para el tercer tramo (3,75+2,33)/2,33=2,06. Por tanto, para el **primer tramo** el resultado es 1x1,62=**1,62** y para el **segundo tramo** 1x2,06=**2,06**.

- **Dinteles pórtico hastial:** en el plano de inercia débil **(xy)** se le asigna una longitud de pandeo **(L_K)** de **1,75 m**. En el plano de inercia fuerte **(xz)** se le asigna una longitud de pandeo **(L_K)** de **5,25 m** correspondiente a la longitud que tiene el dintel entre pilarillo y pilarillo.

- **Pilarillos:** al plano debil **(xy)** le corresponde una longitud de pandeo **(L_K)** de **1,5** m , correspondiente a la distancia entre correas del cerramiento lateral. En el plano fuerte **(xz)**, en cambio, esta considerada una barra biempotrada taslacional, por lo que le corresponde un coeficiente de pandeo de **0,7**.

- **Ménsula:** en el plano de inercia debil **(xy)** le corresponde un coeficiente de pandeo de **1** ya que se considera una barra biempotrada traslacional (al pilar y a la viga carril). En el plano de inercia fuerte **(xz)** se le asigna un coeficiente de **2**, correspondiente a barras en voladizo.

- **Vigas cargadero de la entreplanta:** en el plano de inercia debil **(xy)** el forjado ejerce la función de arriostramiento, impidiento por completo el pandeo, por lo que les corresponde un coeficiente de **0**. En el plano de inercia fuerte **(xz)** se consideran barras biempotradas traslacionales, por lo que les corresponde un coeficiente de **1**.

- **Pilares de la entreplanta: para los pilars de fachada,**en el plano de inercia debil **(xy)** se considera una longitud de pandeo **(L_k)** de **1,5 m**

correspondiente a la distancia entre correas laterales. Para los pilares interiores, en el plano de inercia debil **(xy)** se considera un coeficiente de pandeo de **0,7**. En el plano de inercia fuerte **(xz)** se distinguen dos casos para ambos tipos de pilares: la parte inferior de los pilares (hasta las jácenas de la entreplanta) y la parte superior. A la **parte inferior** le corresponde un coeficiente de pandeo de **0,7** ya que el empotramiento a la cimentación impide el movimiento y el giro en este nudo pero el empotramiento en las jácenas sí permite cierto desplazamiento (pórtico traslacional). A la **parte superior** de corresponde un coeficiente de pandeo de **1** por tratarse de una barra biempotrada traslacional.

- **Vigas de atado de la entreplanta**: en el plano de inercia debil **(xy)** tendrán un coeficiente de pandeo igual a **0,** ya que el forjado las arriostrará. En el plano de inercia fuerte **(xz)** tendrán un coeficiente de pandeo de **1.**

- **Vigas de atado de cabeza de pilares:** en el plano de inercia debil **(xy)** ambas vigas van a tener un coeficiente de pandeo cuyo valor va a ser **0**, debido al cerramiento de la cubierta que va a impedir su pandeo. En el plano de inercia fuerte **(xz)** van a tener un coeficiente de pandeo cuyo valor es **1**, ya que son barras biarticuladas.

- **Vigas de las puertas:** se trata de barras biarticuladas, por lo que en ambos planos su coeficiente de pandeo sera 1.

3.2.10.2. Pandeo lateral

Los elementos estructurales esbeltos cargados en el plano más rígido tienden a pandear en un plano más flexible. En una viga que flecta respecto al eje de mayor inercia, el ala comprimida puede estar sometida a pandeo en su propio plano. Cuando este fenómeno ocurre y el cordón comprimido provoca la torsión del alma que se desencadena en vuelvo de la viga.

En este proyecto no se llevará a cabo el estudio del pandeo lateral en ningun elemento de la estructura, ya que el único elemento en el que podría darse sería en el cordón inferior de la celosía. La celosía se resolverá mediante perfiles tubulares cuadrados, por lo que no se estima necesaria la comprobación de pandeo lateral, dado que dicho fenómeno suele darse normalmente en perfiles abiertos.

3.2.10.3. Flecha límite

Para el cumplimiento de los Estados Límite de Servicio (ELS), es necesario limitar la flecha de las barras. Se limitarán las flechás máximas en los planos de las barras sometidas a flexión, que es el plano en el que van a dorminar las cargas. Esta acción se llevará a cabo ejecutando el comando **Barra>Flecha** Límite.

- **Cordón superior de la celosía:** la flecha se limita de **modo absoluto en el plano xz**. Se tiene en cuenta la presencia de diagonales cada 2,1 m que origina una flecha máxima de 2100/300=**7 mm**.

- **Condón inferior de la celosía:** se limita la flecha de **modo absoluto en el plano xz** a **70 mm**. Ya que la longitud total del cordón, que son 21m, origina una flecha máxima de 21000/300=70 mm.

- **Diagonales:** se limita la flecha en **modo relativo a L/300**.

- **Dinteles pórtico hastial:** La flecha se limita de **modo absoluto en el plano xz**. Se tiene en cuenta la presencia de pilarillos cada 5,25 m que origina una flecha máxima de 5250/300=**17,5 mm.**

- **Vigas de atado:** la flecha se limita de **modo relativo en el plano xz a L/300**, aunque no es necesario ya que solo va a recibir su propio peso.

- **Vigas cargadero de la entreplanta:** se limita de **modo relativo en el plano xz a L/500**.

- **Vigas de atado de la entreplanta:** aunque no es necesario limitar su flecha ya que solo va a recibir su porpio peso**,** se limita la flecha de **modo relativo en el plano xz a L/500**.

- **Ménsula:** la flecha se limita de **modo relativo en el plano xz a L/300**. Para que la flecha de la ménsula se calcule correctamente es necesario editar el grupo de flechas de cada ménsula, disponiendolas tangentes al nudo de empotramiento entre la ménsula y el pilar. Además, será necesario efectuar el calculo de la ménsula sin cartelas ya que CYPE no lo calcula adecuadamente. Posteriormente se añadirán estas cartelas.

Además de aplicar los límites de flecha mencionados, es necesario tener en cuenta el desplazamiento transversal que sufrirán los pilares de los pórticos **(plano yz)**. No es posible limitar dicho desplazamiento en el

programa, pero una vez calculados los perfiles necesarios se comprobrá mediante el comando **Cálculo>Desplazamientos**, los desplazamientos transversales que sufren los pilares. El límite establecido es de L/250 → 9080/250=**36,32 mm**, considerandolo suficiente para que el puente grúa trabaje sin impedimentos.

3.2.10.4. Cargas

Una de las grandes ventajas que ofrece el programa CYPE es la introducción automática de cargas desde el "Generador de pórticos". Una vez hecha la exportación a "Nuevo Metal 3D", la estructura estará cargada y bastará con introducir las cargas de la entreplanta y las del puente grúa. Una vez introducidas dichas cargas, la estructura quedará cargada de la siguiente forma:

- **Peso propio:** DB-SE-AE 3

Se tienen en cuenta los pesos propios de todos los ementos que componen la estructura. Ha sido necesaria la creación de paños en la entreplanta para la introducción de las carga permanentes en la misma, peso propio del forjado y peso de elementos cosntructivos (tabiquería, pavimento…).

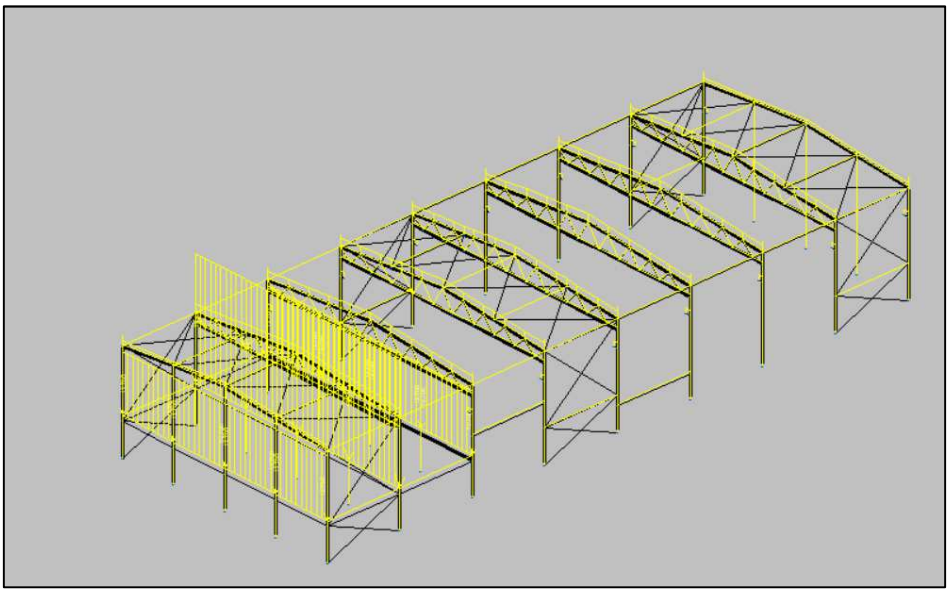


Figura 87. *Peso propio*

➢ **Sobrcarga de uso:** DB-SE-AE 5

Para introducir la sobrecarga de uso de la entreplanta ha sido necesario crear un paño ejecutando el comando **Cargas>Introducirr paños**.

Se consultará el apartado “7.Puente grúa” para recordar las fuerzas que ejercia el pue nte grúa sobre las ménsulas.

- Fuerza vertical máxima ($F_{v\,max}$) = 156,2 kN
- Fuerza vertical mínima ($F_{v\,min}$) = 47,08 kN
- Fuerza transversal (F_{trans}) = 2,3 kN

Se tendrán en cuenta dos situaciones posibles, si el caro está a la izquierda de la nave y si el carro está a la derecha. Por una parte, si el carro está a la izquierda de la nave, los 156,2 kN actuarán sobre la ménsula izquierda, y los 47,08 kN sobre la derecha. Y si el carro está a la derecha, pasará lo contrario.

Como el puente grúa es una máquina en movimiento, generará unas inercias que deberán tenerse en cuenta (F_{long}). Esta carga se trasmitirá a través de las ruedas a la viga carril, y esta a su vez a las ménsulas. Como la carga transmitida tiene la misma dirección que la viga carril, la viga repartirá el esfuerzo entre todos sus apoyos. Dicho esfuerzo se vuelve tan minúsculo que puede despreciarse.

No ocurre lo mismo cuando el puente grúa está parado y el carro se mueve de un lado a otro. Este movimiento genera unas fuerzas transversales que las ménsulas deberán soportar y que habrá que tener en cuenta. Esta fuerza transversal calculada en apartados anteriores supone 2,3 kN.

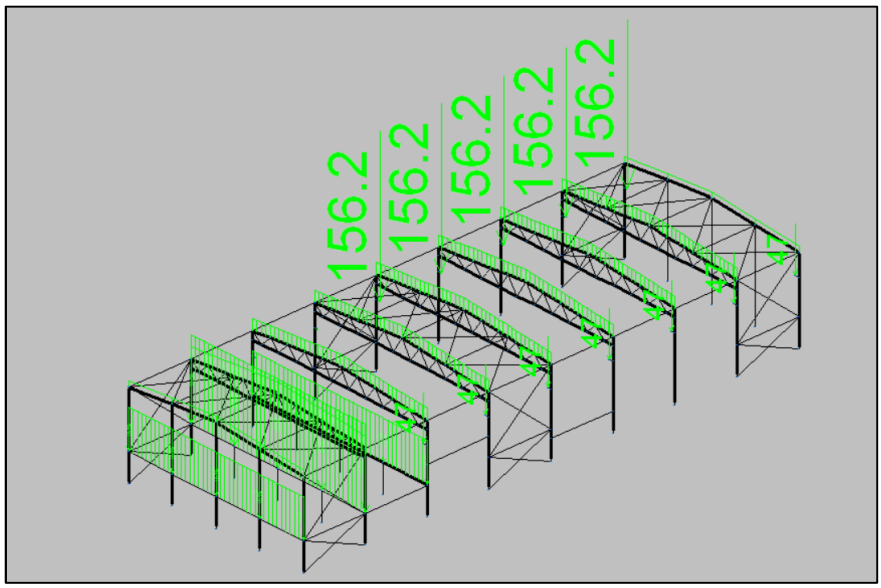


Figura 88. *Sobrecarga de uso con carro a la izquierda*

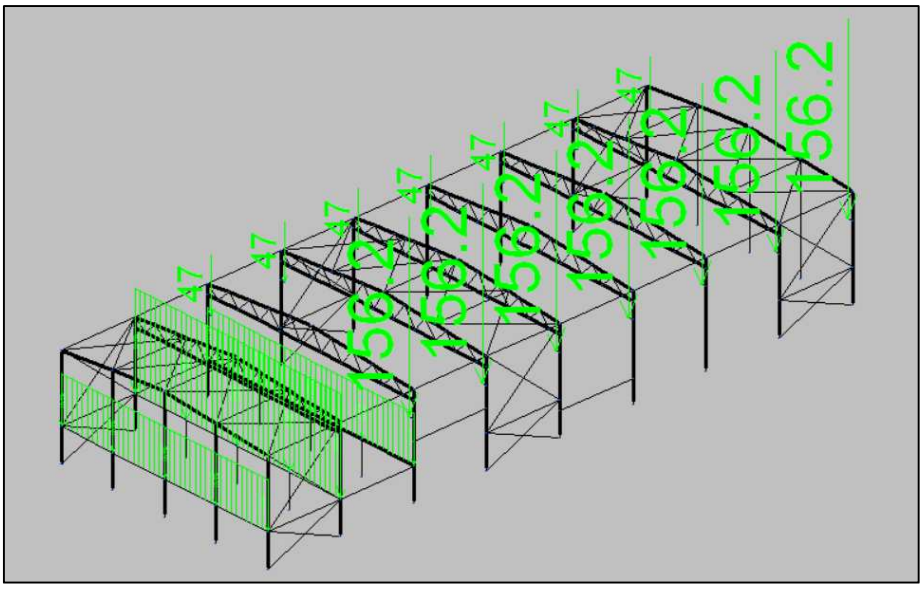


Figura 89. *Sobrecarga de uso con carro a la derecha*

- **Sobrecarga de nieve:** DB-SE-AE 10

Se plantean tres casos:

- Carga de nieve simétrica
- Carga de nieve asimétrica derecha
- Carga de nieve asimétrica izquierda

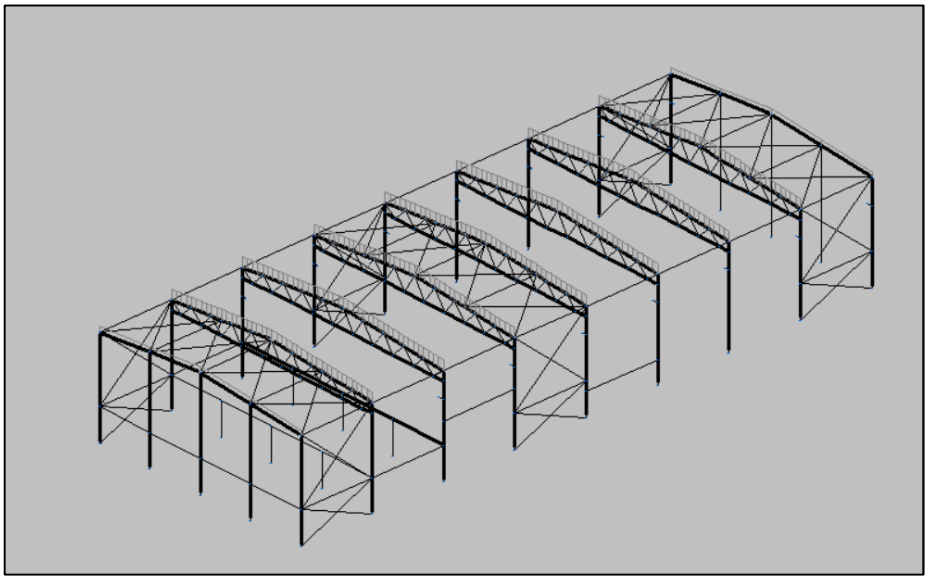


Figura 90. *Sobrecarga de nieve simétrica*

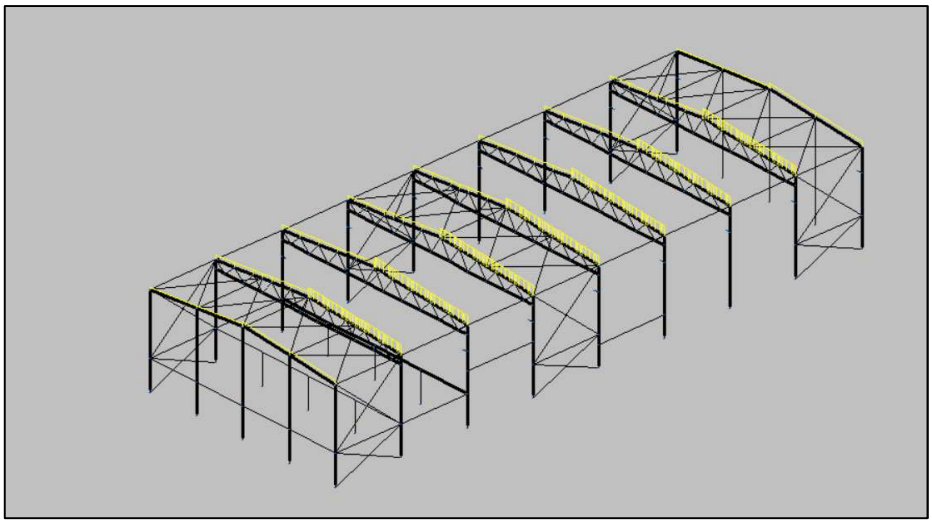


Figura 91. *Sobrecarga de nieve asimétrica derecha*

- **Sobrecarga de viento:** DB-SE-AE 7

Se plantean los siguientes casos:

1. V(0°) H1 Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior
2. V(0°) H2 Viento a 0°, presion exterior tipo 1 Succión interior
3. V(0°) H3 Viento a 0°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior
4. V(0°) H4 Viento a 0°, presion exterior tipo 2 Succión interior
5. V(90°) H1 Viento a 90°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior
6. V(90°) H2 Viento a 90°, presion exterior tipo 1 Succión interior
7. V(180°) H1 Viento a 180°, presion exterior tipo 1 Presión interior
8. V(180°) H2 Viento a 180°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior
9. V(180°) H3 Viento a 180°, presion exterior tipo 2 Presión interior
10. V(180°) H4 Viento a 180°, presion exterior tipo 2 sin acción en el interior
11. V(270°) H1 Viento a 270°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior
12. V(270°) H2 Viento a 270°, presion exterior tipo 1 Succión interior

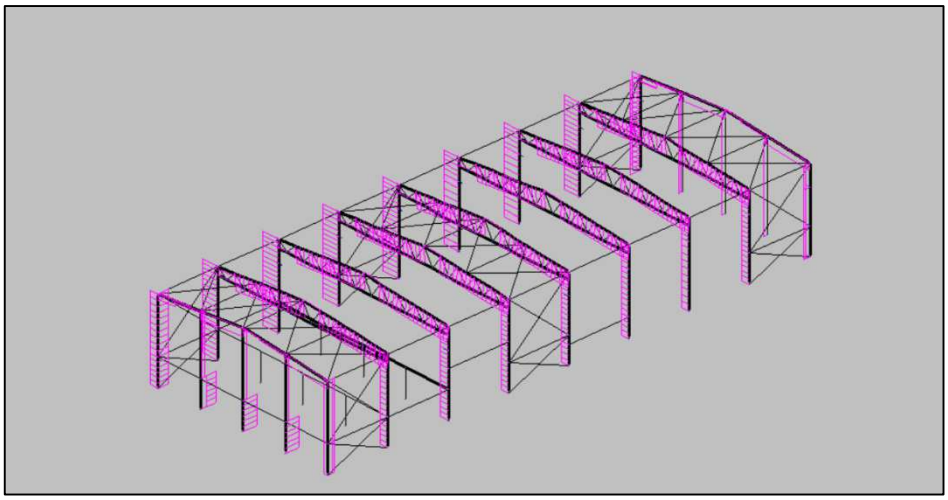


Figura 92. *Ejemplo 1. V(0°) H1 Viento a 0°, presion exterior tipo 1 sin acción en el interior*

3.2.10.5. Resultados

Una vez introducidas las cargas mostradas en el apartado anterior y calculada la estructura, el programa muestra una serie de comprobaciones de todos sus elmentos. En este apartado se hará un resumen de los mismos dada su gran envergadura.

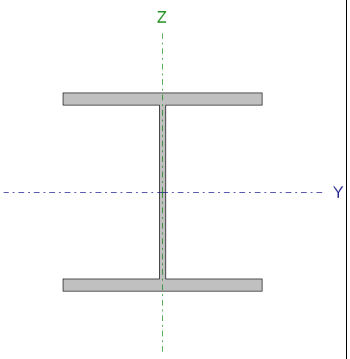
Primero se mostrarán las comprobaciones ELU de la barra más desfavorable de cada grupo.

Posteriormente se añadirá un resumen sobre la resistencia de todas las barras que forman la estructura de la nave.

3.2.10.5.1. Estado Límite Último de las barras (ELU)

3.2.10.5.1.1. Ménsula

Perfil: HE 280 B
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N213	N214	0.400	131.40	19270.00	6595.00	143.70

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

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	2.00	0.00	0.00
L_K	0.400	0.800	0.000	0.000
C_m	1.000	1 000	1. 0	.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Fact r de odificación p ra el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N213/N214	$\bar{\lambda} \leq 3.0$ Cumple	x: 0.16 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 0.6	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	x: 0.16 m η = 13.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.16 m η = 35.6	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.16 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.16 m η = 13.9	x: 0.16 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 35.6**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(5) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(6) 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 traccionadas no debe superar el valor 3.0.

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

$\bar{\lambda}$: ***0.07*** ✓

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *131.40* cm²
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa
N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *624052.00* kN

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

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *624052.00* 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. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *854306.79* kN

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

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

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

Donde:

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_y}$: *19270.00* cm4

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *6595.00* cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *143.70* cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *1130000.00* cm6

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

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

$\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{ky}}$: *0.800* m

$\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *0.400* m

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

$\mathbf{i_0}$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $\mathbf{i_0}$: *14.03* cm

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

Siendo:

$\mathbf{i_y}$, $\mathbf{i_z}$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $\mathbf{i_y}$: *12.11* cm; $\mathbf{i_z}$: *7.08* cm

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

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

Se debe satisfacer:

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

23.24 ≤ 169.50 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** : *244.00* mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** : *10.50* mm
A_w: Área del alma.	**A_w** : *25.62* cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** : *50.40* cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** : *0.30*
E: Módulo de elasticidad.	**E** : *210000* MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{yf}** : *265.00* 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 : ***0.006*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Q1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *21.30* kN

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

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

$N_{t,Rd}$: *3316.29* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.	**A** : *131.40* cm²
f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.	**f_{vd}** : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	**f_v** : *265.00* MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	**γ_{M0}** : *1.05*

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.132*** ✓

Para flexión positiva:

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

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.160 m del nudo N213, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *51.16* kN·m

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{M_{c,Rd}}$: *387.15* 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*

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *1534.00* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

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

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

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

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

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

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.356*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.160 m del nudo N213, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *213.55* kN

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

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$ $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *599.31* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *41.13* cm²

$$\mathbf{A_v} = h \cdot t_w$$

Siendo:

$\mathbf{h}$: Canto de la sección. $\mathbf{h}$: *280.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *10.50* mm

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

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

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

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

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

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

$$\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t_w}} < 70 \cdot \varepsilon \qquad \mathbf{18.67} < \mathbf{65.92}$$ ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *18.67*

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

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *65.92*

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

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

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

Siendo:

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

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

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

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$ **213.55 kN ≤ 299.66 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.160 m del nudo N213, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *213.55* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *599.31* kN

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$ **η** : ***0.139*** ✓

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$ **η** : ***0.127*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.160 m del nudo N213, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *21.30* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{v,Ed}^{-}$** : *51.16* 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. **$N_{pl,Rd}$** : *3316.29* kN

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{pl,Rd,v}$** : *387.15* kN·m; **$M_{pl,Rd,z}$** : *181.11* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{ef,Ed}$** : *-49.17* kN·m

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida. **$\sigma_{com,Ed}$** : *32.05* MPa

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y. **$W_{y,com}$** : *1534.00* cm³

A: Área de la sección bruta. **A** : *131.40* cm²

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo. **$M_{b,Rd,y}$** : *387.15* 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_{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 0.160 m del nudo N213, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$ **213.55 kN ≤ 299.66 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed,z}$** : *213.55* kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd,z}$** : *599.31* 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)

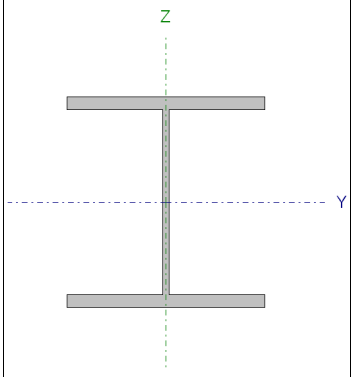
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

3.2.10.5.1.2. Pilar pórtico tipo

Perfil: HE 320 B
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N16	N219	6.750	161.30	30820.00	9239.00	225.10

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	0.22	0.95	0.00	0.00
L_K	1.500	6.413	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

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

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N16/N219	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 6.608 m η = 1.8	x: 0 m η = 8.9	x: 0 m η = 34.8	x: 0 m η = 4.1	x: 0 m η = 9.2	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 36.2	η < 0.1	η < 0.1	η = 1.0	η < 0.1	**CUMPLE η = 36.2**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

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

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

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

$\bar{\lambda}$: ***0.52*** ✓

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** : *161.30* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *15534.49* 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. $N_{cr,y}$: *15534.49* 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. $N_{cr,z}$: *85106.26* kN

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

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

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

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. I_y : *30820.00* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. I_z : *9239.00* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. I_t : *225.10* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. I_w : *2069000.00* cm6

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

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

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. L_{ky} : *6.413* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. L_{kz} : *1.500* m

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

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. i_0 : *15.76* cm

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

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. i_y : *13.82* cm; i_z : *7.57* cm

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

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

Se debe satisfacer:

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

24.26 ≤ 171.71 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : *279.00* mm

t_w: Espesor del alma.	**t_w** :	*11.50*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** :	*32.09*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** :	*61.50*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{vf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{vf}** :	*265.00*	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 : ***0.018*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.608 m del nudo N16, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *73.62* kN

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

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

$N_{t,Rd}$: *4070.90* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *161.30* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.078*** ✓

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

η : ***0.089*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *315.91* kN

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ **$N_{c,Rd}$** : *4070.90* 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** : *161.30* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

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

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

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

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ **$N_{b,Rd}$** : *3554.61* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *161.30* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

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

χ_y : *0.87*

χ_z : *0.99*

Siendo:

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

ϕ_y : *0.69*

ϕ_z : *0.53*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.34*

α_z : *0.49*

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

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

$\bar{\lambda}_y$: *0.52*

$\overline{\lambda}_z$: *0.22*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: **N_{cr}** : *15534.49* kN

- **$N_{cr,y}$**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *15534.49* kN
- **$N_{cr,z}$**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *85106.26* kN
- **$N_{cr,T}$**: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.348*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H4.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *188.75* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *170.35* kN·m

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

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

$M_{c,Rd}$: *542.37* 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. **$W_{pl,y}$** : *2149.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

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

Siendo:

- **f_y**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa
- **γ_{M0}**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.041*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)1.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *9.65* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H1+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *9.11* kN·m

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

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

$M_{c,Rd}$: *237.01* 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. **$W_{pl,z}$** : *939.10* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.092*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N16, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H4.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *69.34* kN

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

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

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *753.73* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *51.73* cm²

$$\mathbf{A_v} = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *320.00* mm

t_w: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *11.50* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

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

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

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

$$\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t_w}} < 70 \cdot \varepsilon$$ **19.57** < **65.92** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *19.57*

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

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *65.92*

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

ε: Factor de reducción. **ε** : *0.94*

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

Siendo:

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

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* 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 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *1.06* kN

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

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$ $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *1882.82* kN

Donde:

$\mathbf{A_V}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_V}$: *129.22* cm²

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

Siendo:

$\mathbf{A}$: Área de la sección bruta. $\mathbf{A}$: *161.30* cm²

$\mathbf{d}$: Altura del alma. $\mathbf{d}$: *279.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *11.50* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *252.38* MPa

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

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

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

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

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

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$ **69.34 kN** ≤ **376.87 kN** ✓

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

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *69.34* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *753.73* kN

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

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$ **1.06 kN ≤ 941.41 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *1.06* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *1882.82* kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$ η : ***0.361*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.362*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.223*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N16, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H4.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *39.10* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{y,Ed}^{+}$** : *188.75* kN·m; **$M_{z,Ed}^{-}$** : *0.84* 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 compresión de la sección bruta. **$N_{pl,Rd}$** : *4070.90* 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. **$M_{pl,Rd,y}$** : *542.37* kN·m; **$M_{pl,Rd,z}$** : *237.01* kN·m

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

A: Área de la sección bruta. **A** : *161.30* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **$W_{pl,y}$** : *2149.00* cm³; **$W_{pl,z}$** : *939.10* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

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

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

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

$$k_z = 1 + \left(2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$ k_z : *1.00*

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

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. χ_y : *0.87*, χ_z : *0.99*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. $\bar{\lambda}_y$: *0.52*, $\bar{\lambda}_z$: *0.22*

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

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

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

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

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$ **69.34 kN** ≤ **376.87 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed,z}$: *69.34* kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd,z}$: *753.73* kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$ η < ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·Q1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *0.00* kN·m

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

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

$\mathbf{M_{T,Rd}}$: *16.00* kN·m

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *109.80* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

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

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.010*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *7.29* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.00* kN·m

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

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

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *753.70* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *753.73* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.02* MPa

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

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *109.80* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

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

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

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

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.07* 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:

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

$V_{pl,T,Rd}$: *1882.73* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *1882.82* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *0.02* MPa

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

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *109.80* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

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

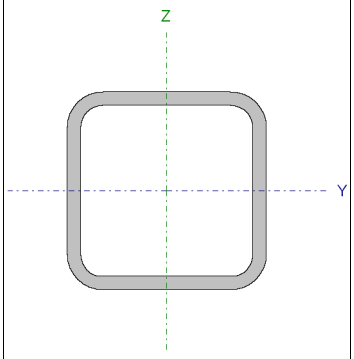
Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

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

3.2.10.5.1.3. Cordón superior celosía

Perfil: SHS 140x10.0
Material: Acero (S355)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
nicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N140	N10	2.108	48.49	1300.41	1300.41	2264.84

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	0.83	1.00	0.00	0.00
L_K	1.750	2.108	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

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

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N140/N10	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 12.3	x: 0 m η = 16.8	x: 2.108 m η = 18.4	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 4.0	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 36.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 1.8	η < 0.1	**CUMPLE η = 36.1**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

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

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

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

$\bar{\lambda}$: ***0.53*** ✓

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** : *48.49* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *6065.11* 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. $N_{cr,y}$: *6065.11* 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. $N_{cr,z}$: *8800.81* kN

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

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

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

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. I_y : *1300.41* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. I_z : *1300.41* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. I_t : *2264.84* cm4

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

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

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

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. L_{ky} : *2.108* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. L_{kz} : *1.750* m

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

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. i_0 : *7.32* cm

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

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. i_y : *5.18* cm, i_z : *5.18* cm

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

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

Se debe satisfacer:

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

12.00 ≤ 232.36 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : *120.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *10.00* mm

A_w: Área del alma.	**A_w** : *24.00*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** : *14.00*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** : *0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** : *210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{yf}** : *355.00*	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 : ***0.123*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *202.06* kN

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

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

$N_{t,Rd}$: *1639.28* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *48.49* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *338.10* MPa

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

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *355.00* MPa

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.138*** ✓

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

η : ***0.168*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N140, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *226.86* kN

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ **$N_{c,Rd}$** : *1639.28* 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** : *48.49* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *338.10* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

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

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

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

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ **$N_{b,Rd}$** : *1351.61* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *48.49* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *338.10* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

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

χ_y : *0.82*

χ_z : *0.87*

Siendo:

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

ϕ_y : *0.72*

ϕ_z : *0.66*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.49*

α_z : *0.49*

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

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

$\bar{\lambda}_y$: *0.53*

$\bar{\lambda}_z$: *0.44*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: **N_{cr}** : *6065.11* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *6065.11* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *8800.81* kN

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.184*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N10, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *15.80* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N10, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *14.14* kN·m

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

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

$M_{c,Rd}$: *85.88* kN·m

Donde:

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

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *254.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *338.10* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.003*** ✓

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(90°)H2.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *0.21* 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(180°)H3+0.75·N(EI).

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *0.27* kN·m

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

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

$M_{c,Rd}$: *85.88* kN·m

Donde:

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

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$** : *254.00* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *338.10* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.040*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N140, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *18.70* kN

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

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

$V_{c,Rd}$: *468.48* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *24.00* cm²

$$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *120.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *10.00* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *338.10* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

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

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

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

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$ **12.00** < **56.95** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *12.00*

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

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *56.95*

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

ε: Factor de reducción. **ε** : *0.81*

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

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** : *355.00* MPa

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$ η < ***0.001*** ✓

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

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.13* kN

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

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

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *477.96* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *24.49* cm²

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

Siendo:

$\mathbf{A}$: Área de la sección bruta. $\mathbf{A}$: *48.49* cm²

$\mathbf{d}$: Altura del alma. $\mathbf{d}$: *120.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *10.00* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *338.10* MPa

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

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *355.00* MPa

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

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

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

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

14.00 < **56.95** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *14.00*

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

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *56.95*

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

ε: Factor de reducción. ε : *0.81*

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

Siendo:

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

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *355.00* MPa

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

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$ **18.70 kN ≤ 234.24 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *18.70* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *468.48* 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 **$V_{c,Rd}$**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$ **0.13 kN ≤ 238.98 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N140, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.13* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *477.96* kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$ **η : *0.322*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ **η : *0.361*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ **η : *0.274*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N10, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: *225.68* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed}^{+}$: *15.80* 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 compresión de la sección bruta. $N_{pl,Rd}$: *1639.28* 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. $M_{pl,Rd,y}$: *85.88* kN·m; $M_{pl,Rd,z}$: *85.88* kN·m

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

A: Área de la sección bruta. **A** : *48.49* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $W_{pl,y}$: *254.00* cm³; $W_{pl,z}$: *254.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *338.10* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *355.00* MPa

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

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

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

k_y : *1.06*

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

k_z : *1.04*

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

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. χ_y : *0.82*; χ_z : *0.87*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. $\bar{\lambda}_y$: *0.53*; $\bar{\lambda}_z$: *0.44*

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

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$ **18.70 kN ≤ 234.24 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed,z}$** : *18.70* kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd,z}$** : *468.48* kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$ $\eta <$ ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.01* kN·m

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

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$ **$M_{T,Rd}$** : *65.98* kN·m

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *338.00* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *338.10* MPa

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

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *355.00* MPa

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.018*** ✓

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}** : *8.25* 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:

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

$V_{pl,T,Rd}$: *468.46* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *468.48* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.01* MPa

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

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *338.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *338.10* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *355.00* MPa

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

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen 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} : *0.02* 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:

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

$V_{pl,T,Rd}$: *477.95* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *477.96* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.01* MPa

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

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *338.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *338.10* MPa

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

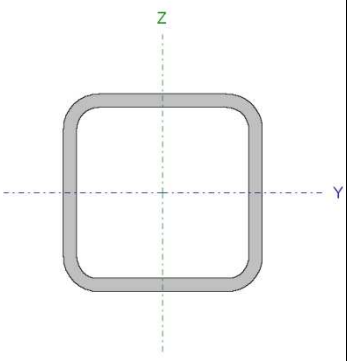
Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *355.00* MPa

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

3.2.10.5.1.4. Cordón inferior celosía

Perfil: SHS 140x10.0
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N143	N141	2.100	48.49	1300.41	1300.41	2264.84

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	2.50	1.00	1.00	1.00
L_K	5.250	2.100	2.100	2.100
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

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

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N143/N141	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 17.6	η = 42.8	x: 0 m η = 2.7	x: 2.1 m η = 0.6	x: 2.1 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 45.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.3	η < 0.1	**CUMPLE η = 45.3**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

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.

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

$\bar{\lambda}$: ***1.17*** ✓

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** : *48.49* cm²

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *977.87* 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. $N_{cr,v}$: 6111.67 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. $N_{cr,z}$: 977.87 kN

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

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$: 342000.84 kN

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

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. I_v : 1300.41 cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. I_z : 1300.41 cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. I_t : 2264.84 cm4

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

E: Módulo de elasticidad. E : 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. G : 81000 MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. L_{kv} : 2.100 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. L_{kz} : 5.250 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. L_{kt} : 2.100 m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. i_0 : 7.32 cm

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

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. i_v : 5.18 cm

i_z : 5.18 cm

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

z_0 : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

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

12.00 ≤ 299.95 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : 120.00 mm

t_w: Espesor del alma. t_w : 10.00 mm

A_w: Área del alma. A_w : 24.00 cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. **$A_{fc,ef}$** : *14.00* cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. **k** : *0.30*
E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa
f_{vf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. **f_{vf}** : *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 : ***0.176*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *224.07* kN

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

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

$N_{t,Rd}$: *1269.87* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *48.49* cm²
f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *261.90* MPa

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

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *275.00* MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.192*** ✓

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

η : ***0.428*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *244.10* kN

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

$$\mathbf{N_{c,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$ **$N_{c,Rd}$** : *1269.87* 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** : *48.49* cm²

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

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

Siendo:

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

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

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

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

$$\mathbf{N_{b,Rd}} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ **$N_{b,Rd}$** : *570.77* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *48.49* cm²

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

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

Siendo:

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

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

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

χ_y : *0.86*
χ_z : *0.45*
χ_T : *1.00*

Siendo:

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

ϕ_y : *0.67*
ϕ_z : *1.42*
ϕ_T : *0.47*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.49*
α_z : *0.49*
α_T : *0.49*

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

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

$\bar{\lambda}_y$: *0.47*
$\bar{\lambda}_z$: *1.17*
$\bar{\lambda}_T$: *0.06*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: **N_{cr}** : *977.87* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *6111.67* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *977.87* kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : *342000.84* kN

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.027*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N143, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *1.66* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N143, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *1.81* kN·m

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

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

$M_{c,Rd}$: *66.52* kN·m

Donde:

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

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *254.00* cm³

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

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

Siendo:

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.006*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N141, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *0.31* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N141, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3.

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *0.42* kN·m

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{M_{c,Rd}}$: *66.52* 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*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$: *254.00* cm³

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

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

Siendo:

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

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

Resistencia a 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 N141, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(180°)H4+1.5·N(EI).

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *1.57* kN

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

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$ $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *362.91* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *24.00* cm²

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

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *120.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *10.00* mm

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

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

Siendo:

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

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

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

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

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$ **12.00** < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *12.00*

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

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

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

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

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

Siendo:

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$ η < ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.00* kN

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

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$ **$V_{c,Rd}$** : *370.25* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *24.49* cm²

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

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *48.49* cm²

d: Altura del alma. **d** : *120.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *10.00* mm

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

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

Siendo:

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

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

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

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

$$\frac{b}{t_f} < 70 \cdot \varepsilon$$ **14.00** < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *14.00*

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

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

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

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

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

Siendo:

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

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

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

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$ **1.41 kN** ≤ **181.45 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *1.41* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *362.91* kN

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

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

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2} \qquad \mathbf{0.00\ kN} \leq \mathbf{185.13\ kN}$$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.00* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *370.25* kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$ η : ***0.226*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.257*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.453*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N143, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *244.10* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{y,Ed}^{-}}$: *1.81* kN·m; $\mathbf{M_{z,Ed}^{-}}$: *0.41* kN·m

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

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $\mathbf{N_{pl,Rd}}$: *1269.87* kN

$\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{pl,Rd,y}}$: *66.52* kN·m; $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: *66.52* kN·m

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

A: Área de la sección bruta. **A** : *48.49* cm²

$\mathbf{W_{pl,y}}$, $\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes $\mathbf{W_{pl,y}}$: *254.00* cm³

a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,z}$: *254.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : *261.90* MPa

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

Siendo:

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

f_y : *275.00* MPa

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

γ_{M1} : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

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

k_y : *1.06*

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

k_z : *1.34*

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

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

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

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

χ_y : *0.86*

χ_z : *0.45*

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

$\bar{\lambda}_y$: *0.47*

$\bar{\lambda}_z$: *1.17*

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

α_y : *0.60*

α_z : *0.60*

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3.

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

1.41 kN ≤ **181.43 kN** ✓

Donde:

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

$V_{Ed,z}$: *1.41* kN

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

$V_{c,Rd,z}$: *362.87* kN

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

Se debe satisfacer:

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

η < ***0.001*** ✓

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

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.01* kN·m

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

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$ **$M_{T,Rd}$** : *51.11* kN·m

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *338.00* cm³

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

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

Siendo:

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.003*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N141, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *1.06* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.01* kN·m

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

$$V_{pl,T,Rd} = \left[1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{f_{yd}/\sqrt{3}}\right] \cdot V_{pl,Rd}$$ **$V_{pl,T,Rd}$** : *362.87* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *362.91* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *0.02* MPa

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

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *338.00* cm³

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

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

Siendo:

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.00* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: *0.01* kN·m

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

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

$V_{pl,T,Rd}$: *370.18* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *370.25* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.03* MPa

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

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *338.00* cm³

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

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

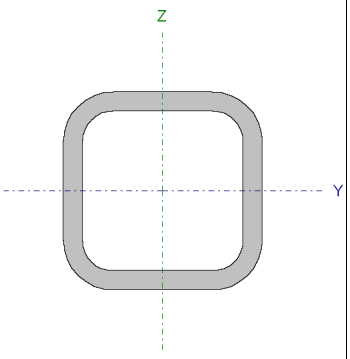
Siendo:

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

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

3.2.10.5.1.5. Diagonal

Perfil: SHS 80x8.0
Material: Acero (S355)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área cm²)	I_v (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N155	N9	1.338	20.79	165.55	165.55	304.26

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

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0. 0	0. 0
L_K	1.338	1.338	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

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

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N155/N9	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.131 m η = 17.1	x: 0.226 m η = 26.6	x: 1.133 m η = 5.4	x: 1.133 m η = 2.4	x: 0.226 m η = 0.5	η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.133 m η = 34.1	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 34.1**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) 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.

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

$\bar{\lambda}$: ***0.62*** ✓

Donde:

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

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *20.79* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *1915.36* kN

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

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *1915.36* 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. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *1915.36* kN

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

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

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

Donde:

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_y}$: *165.55* cm4

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *165.55* cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *304.26* cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *0.00* cm6

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

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

$\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{ky}}$: *1.338* m

$\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *1.338* m

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

$\mathbf{i_0}$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $\mathbf{i_0}$: *3.99* cm

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

Siendo:

$\mathbf{i_y}$, $\mathbf{i_z}$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $\mathbf{i_y}$: *2.82* cm; $\mathbf{i_z}$: *2.82* cm

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

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

Se debe satisfacer:

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

8.00 ≤ 224.48 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** : *64.00* mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** : *8.00* mm
A_w: Área del alma.	**A_w** : *10.24* cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** : *6.40* cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** : *0.30*
E: Módulo de elasticidad.	**E** : *210000* MPa
f_{vf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{vf}** : *355.00* 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 : ***0.171*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.131 m del nudo N155, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *120.35* kN

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

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

$N_{t,Rd}$: *702.93* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *20.79* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *338.10* MPa

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

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *355.00* MPa

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.205*** ✓

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

η : ***0.266*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.226 m del nudo N155, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *144.34* kN

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ **$N_{c,Rd}$** : *702.93* 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** : *20.79* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *338.10* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

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

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

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

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ **$N_{b,Rd}$** : *543.37* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *20.79* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *338.10* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

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

χ_y : *0.77*

χ_z : *0.77*

Siendo:

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

ϕ_y : *0.80*

ϕ_z : *0.80*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.49*

α_z : *0.49*

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

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

$\bar{\lambda}_v$: *0.62*

$\bar{\lambda}_z$: *0.62*

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

$\mathbf{N_{cr}}$: *1915.36* kN

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

$\mathbf{N_{cr,v}}$: *1915.36* kN

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

$\mathbf{N_{cr,z}}$: *1915.36* kN

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

$\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.054*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.133 m del nudo N155, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

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

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: *1.14* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.133 m del nudo N155, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

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

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: *1.05* kN·m

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

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

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *21.12* 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*

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

$\mathbf{W_{pl,v}}$: *62.46* cm³

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

$\mathbf{f_{yd}}$: *338.10* MPa

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

Siendo:

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

$\mathbf{f_y}$: *355.00* MPa

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

γ_{M0} : *1.05*

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.024*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.133 m del nudo N155, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *0.34* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.133 m del nudo N155, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *0.51* kN·m

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

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

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *21.12* 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*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$: *62.46* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *338.10* MPa

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

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *355.00* MPa

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.005*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.226 m del nudo N155, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *1.06* kN

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

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

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *199.88* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *10.24* cm²

$$A_v = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *64.00* mm

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

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *338.10* MPa

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

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *355.00* MPa

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

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

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

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$ **8.00** < **56.95** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *8.00*

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

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *56.95*

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

ε: Factor de reducción. **ε** : *0.81*

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

Siendo:

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

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *355.00* MPa

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$ **η** : ***0.002*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.45* kN

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

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

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *205.95* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *10.55* cm²

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

Siendo:

$\mathbf{A}$: Área de la sección bruta. $\mathbf{A}$: *20.79* cm²

$\mathbf{d}$: Altura del alma. $\mathbf{d}$: *64.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *8.00* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *338.10* MPa

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

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *355.00* MPa

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

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

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

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

10.00 < **56.95** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *10.00*

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

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *56.95*

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

ε: Factor de reducción. ε : *0.81*

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

Siendo:

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

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *355.00* MPa

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

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$ **1.06 kN ≤ 99.94 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *1.06* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *199.88* 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 **$V_{c,Rd}$**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$ **0.45 kN ≤ 102.98 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.45* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *205.95* kN

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

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$ **η : *0.283*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ **η : *0.341*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ **η : *0.328*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.133 m del nudo N155, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *144.27* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{v,Ed}^{+}$** : *1.14* kN·m; **$M_{z,Ed}^{-}$** : *0.51* 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 compresión de la sección bruta. **$N_{pl,Rd}$** : *702.93* 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. **$M_{pl,Rd,v}$** : *21.12* kN·m; **$M_{pl,Rd,z}$** : *21.12* kN·m

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

A: Área de la sección bruta. **A** : *20.79* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **$W_{pl,v}$** : *62.46* cm³; **$W_{pl,z}$** : *62.46* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *338.10* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *355.00* MPa

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

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

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

k_y : *1.11*

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

k_z : *1.11*

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

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **χ_v** : *0.77*; **χ_z** : *0.77*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. **$\bar{\lambda}_y$** : *0.62*; **$\bar{\lambda}_z$** : *0.62*

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

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$ **1.06 kN** ≤ **99.94 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed,z}$** : *1.06* kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd,z}$** : *199.88* 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)

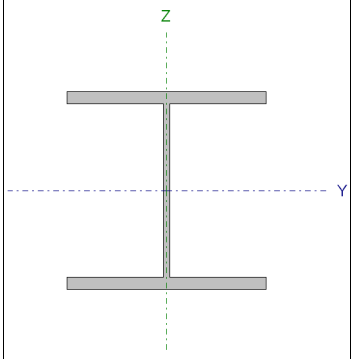
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

3.2.10.5.1.6. Pilar hastial

Perfil: HE 280 B
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N1	N207	3.000	131.40	19270.00	6595.00	143.70

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	0.50	0.70	0.00	0.00
L_K	1.500	2.100	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

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

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N1/N207	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 3 m η = 0.7	x: 0 m η = 7.7	x: 0 m η = 25.5	x: 0 m η = 13.6	x: 0 m η = 5.6	x: 0 m η = 0.7	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 32.5	η < 0.1	η = 0.6	η = 0.3	η < 0.1	**CUMPLE η = 32.5**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

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

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

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

$\bar{\lambda}$: ***0.24*** ✓

Donde:

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

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *131.40* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *60750.70* 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. $N_{cr,y}$: *90565.37* 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. $N_{cr,z}$: *60750.70* kN

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

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

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

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. I_y : *19270.00* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. I_z : *6595.00* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. I_t : *143.70* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. I_w : *1130000.00* cm6

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

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

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. L_{ky} : *2.100* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. L_{kz} : *1.500* m

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

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. i_0 : *14.03* cm

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

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. i_y : *12.11* cm; i_z : *7.08* cm

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

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

Se debe satisfacer:

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

23.24 ≤ 169.50 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : *244.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma.	$\mathbf{t_w}$:	*10.50*	mm
$\mathbf{A_w}$: Área del alma.	$\mathbf{A_w}$:	*25.62*	cm²
$\mathbf{A_{fc,ef}}$: Área reducida del ala comprimida.	$\mathbf{A_{fc,ef}}$:	*50.40*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
$\mathbf{f_{vf}}$: Límite elástico del acero del ala comprimida.	$\mathbf{f_{vf}}$:	*265.00*	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 : ***0.007*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N207, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

$\mathbf{N_{t,Ed}}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{t,Ed}}$: *24.21* kN

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

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

$\mathbf{N_{t,Rd}}$: *3316.29* kN

Donde:

$\mathbf{A}$: Área bruta de la sección transversal de la barra. $\mathbf{A}$: *131.40* cm²

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

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

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.075*** ✓

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

η : ***0.077*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *250.20* kN

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ **$N_{c,Rd}$** : *3316.29* 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** : *131.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

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

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

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

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ **$N_{b,Rd}$** : *3249.79* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *131.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

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

χ_y : *1.00*

χ_z : *0.98*

Siendo:

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

ϕ_y : *0.52*

ϕ_z : *0.54*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.34*

α_z : *0.49*

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

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

$\bar{\lambda}_y$: *0.20*

$\overline{\lambda}_z$: *0.24*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: **N_{cr}** : *60750.70* kN

- **$N_{cr,y}$**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *90565.37* kN
- **$N_{cr,z}$**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *60750.70* kN
- **$N_{cr,T}$**: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.255*** ✓

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}^+** : *98.68* 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(180°)H3+0.75·N(EI).

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *92.55* kN·m

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

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

$M_{c,Rd}$: *387.15* 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. **$W_{pl,y}$** : *1534.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

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

Siendo:

- **f_y**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa
- **γ_{M0}**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.136*** ✓

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}^+** : *24.65* 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(270°)H1+0.75·N(EI).

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *15.82* kN·m

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

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

$M_{c,Rd}$: *181.11* 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. **$W_{pl,z}$** : *717.60* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.056*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *33.49* kN

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

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

$V_{c,Rd}$: *599.31* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *41.13* cm²

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *280.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *10.50* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

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

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

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

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$ **18.67** < **65.92** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *18.67*

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

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *65.92*

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

ε: Factor de reducción. **ε** : *0.94*

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

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** : *265.00* 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** : ***0.007*** ✓

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.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *11.29* kN

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

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

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *1541.34* kN

Donde:

$\mathbf{A_V}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *105.78* cm²

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

Siendo:

$\mathbf{A}$: Área de la sección bruta. $\mathbf{A}$: *131.40* cm²

$\mathbf{d}$: Altura del alma. $\mathbf{d}$: *244.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *10.50* mm

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

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

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *265.00* MPa

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

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

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

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

33.49 kN ≤ **299.66 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *33.49* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *599.31* kN

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

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

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

11.29 kN ≤ **770.67 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *11.29* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *1541.34* kN

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.325*** ✓

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

η : ***0.301*** ✓

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

η : ***0.223*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *36.34* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{y,Ed}^{+}$** : *98.15* kN·m; **$M_{z,Ed}^{-}$** : *10.91* 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 compresión de la sección bruta. **$N_{pl,Rd}$** : *3316.29* kN

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{pl,Rd,y}$** : *387.15* kN·m; **$M_{pl,Rd,z}$** : *181.11* kN·m

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

A: Área de la sección bruta. **A** : *131.40* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **$W_{pl,y}$** : *1534.00* cm³; **$W_{pl,z}$** : *717.60* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

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

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

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

k_y : *1.00*

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

k_z : *1.00*

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

$C_{m,y}$: *1.00*
$C_{m,z}$: *1.00*

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

χ_y : *1.00*
χ_z : *0.98*

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

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

$\bar{\lambda}_y$: *0.20*
$\bar{\lambda}_z$: *0.24*
α_y : *0.60*
α_z : *0.60*

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H2.

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

33.49 kN ≤ **299.66 kN** ✓

Donde:

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

$V_{Ed,z}$: *33.49* kN

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

$V_{c,Rd,z}$: *599.31* kN

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.006*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

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

$M_{T,Ed}$: *0.06* kN·m

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

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

$M_{T,Rd}$: *11.63* kN·m

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *79.83* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_v : *265.00* MPa

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.003*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *1.53* 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:

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

$V_{pl,T,Rd}$: *599.26* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: *599.31* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.03* MPa

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

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. W_T : *79.83* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : *252.38* MPa

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

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_v : *265.00* MPa

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

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

Se debe satisfacer:

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

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.39* 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:

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

$V_{pl,T,Rd}$: *1541.20* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *1541.34* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *0.03* MPa

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

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *79.83* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

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

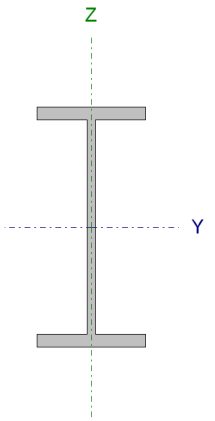
Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

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

3.2.10.5.1.7. Dintel hastial

Perfil: IPN 200
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N53	N5	5.270	33.40	2140.00	117.00	13.50

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	0.33	1 00	0.0	.00
L_K	1.750	5.250	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

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

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N53/N5	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 5.157 m η = 5.9	x: 0 m η = 4.7	x: 0 m η = 19.5	x: 0 m η = 5.6	x: 5.159 m η = 5.2	x: 0 m η = 0.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 30.7	η < 0.1	η = 0.4	x: 0 m η = 1.1	x: 0 m η = 0.2	**CUMPLE η = 30.7**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

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

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

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

$\bar{\lambda}$: ***1.08*** ✓

Donde:

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

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *33.40* cm²

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

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *791.82* 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. $N_{cr,y}$: *1609.22* 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. $N_{cr,z}$: *791.82* kN

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

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

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

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. I_y : *2140.00* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. I_z : *117.00* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. I_t : *13.50* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. I_w : *10500.00* cm6

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

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

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. L_{ky} : *5.250* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. L_{kz} : *1.750* m

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

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. i_0 : *8.22* cm

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

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. i_y : *8.00* cm

i_z : *1.87* cm

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

z_0 : *0.00* mm

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

Se debe satisfacer:

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

23.65 ≤ 262.03 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : *177.40* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *7.50* mm

A_w: Área del alma. **A_w** : *13.31* cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. **$A_{fc,ef}$** : *10.17* cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. **k** : *0.30*
E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. **f_{yf}** : *275.00* MPa
Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.059*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.157 m del nudo N53, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *51.31* kN

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

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

$N_{t,Rd}$: *874.76* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *33.40* cm²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

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

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.026*** ✓

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

η : ***0.047*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N53, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(EI).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *22.46* kN

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ **$N_{c,Rd}$** : *874.76* 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** : *33.40* cm²

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

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

Siendo:

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

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

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

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

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ **$N_{b,Rd}$** : *480.31* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *33.40* cm²

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

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

Siendo:

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

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

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

χ_y : *0.82*

χ_z : *0.55*

Siendo:

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

ϕ_y : *0.84*

ϕ_z : *1.23*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.21*

α_z : *0.34*

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

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

$\bar{\lambda}_y$: *0.76*

$\bar{\lambda}_z$: *1.08*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: N_{cr} : *791.82* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y}$: *1609.22* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z}$: *791.82* kN

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

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

Se debe satisfacer:

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

η : ***0.195*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N53, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : *12.80* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N53, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(0°)H4+1.5·N(R)2.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : *9.46* kN·m

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

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

$M_{c,Rd}$: *65.48* 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. $W_{pl,y}$: *250.00* cm³

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

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

Siendo:

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

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.056*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N53, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *0.63* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N53, 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}^-** : *0.51* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *11.39* 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. **$W_{pl,z}$** : *43.50* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.052*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.159 m del nudo N53, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *12.30* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *235.93* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *15.60* cm²

$$\mathbf{A_V} = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *200.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *7.50* mm

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t_w}} < 70 \cdot \varepsilon$$

21.65 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *21.65*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$\mathbf{f_{ref}}$: Límite elástico de referencia. $\mathbf{f_{ref}}$: *235.00* MPa

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *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 : ***0.003*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N53, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.84* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *303.86* kN

Donde:

A_V: Área transversal a cortante. **A_v** : *20.10* cm²

$$A_V = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *33.40* cm²

d: Altura del alma. **d** : *177.40* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *7.50* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

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 **$V_{c,Rd}$**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

12.19 kN ≤ **117.96 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *12.19* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *235.93* 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 **$V_{c,Rd}$**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

0.84 kN ≤ **151.93 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.84* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *303.86* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : ***0.307*** ✓

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : ***0.206*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N53, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *48.81* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{y,Ed}^{+}$** : *12.80* kN·m; **$M_{z,Ed}^{+}$** : *0.63* 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. **$N_{pl,Rd}$** : *874.76* 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. **$M_{pl,Rd,y}$** : *65.48* kN·m; **$M_{pl,Rd,z}$** : *11.39* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **$M_{ef,Ed}$** : *9.87* kN·m

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida. **$\sigma_{com,Ed}$** : *39.49* MPa

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y. **$W_{y,com}$** : *250.00* cm³

A: Área de la sección bruta. **A** : *33.40* cm²

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo. **$M_{b,Rd,y}$** : *65.48* kN·m

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \qquad \mathbf{12.19\ kN} \leq \mathbf{117.96\ kN}$$ ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *12.19* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *235.93* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \mathbf{0.004}$$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.01* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $\mathbf{M_{T,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{M_{T,Rd}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd} \qquad \mathbf{M_{T,Rd}} : 1.81 \text{ kN·m}$$

Donde:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *11.95* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1 \qquad \eta : \mathbf{0.011}$$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N53, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *2.64* 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: *235.72* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *235.93* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *0.33* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *11.95* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.002*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N53, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.52* 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: *303.59* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *303.86* kN

$\boldsymbol{\tau_{T,Ed}}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\boldsymbol{\tau_{T,Ed}}$: *0.33* MPa

$$\boldsymbol{\tau_{T,Ed}} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *11.95* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

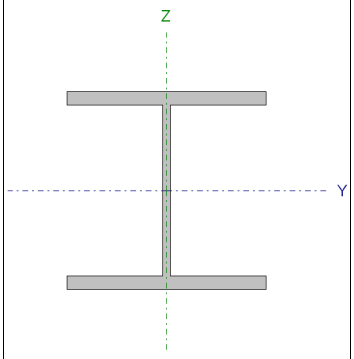
Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *275.00* MPa

$\boldsymbol{\gamma_{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\boldsymbol{\gamma_{M0}}$: *1.05*

3.2.10.5.1.8. Pilarillo

Perfil: HE 220 B
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características cánicas			
Inicial	Final		Área (c ²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N51	N5	10.000	91.00	8091.00	2843.00	76.57

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	0.15	0.70	0.00	0.0
L_K	1.500	7.000	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N51/N5	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 9.887 m η = 0.9	x: 0 m η = 2.3	x: 0 m η = 60.0	x: 0 m η = 10.6	x: 0 m η = 14.4	η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 71.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 71.5**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) 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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***0.86*** ✓

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** : *91.00* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. — **N_{cr}** : *3422.36* kN

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,v}}$: *3422.36* 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. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *26188.67* kN

$$\mathbf{N_{cr,z}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

$$\mathbf{N_{cr,T}} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

- $\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_v}$: *8091.00* cm4
- $\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *2843.00* cm4
- $\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *76.57* cm4
- $\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *295400.00* cm6
- **E**: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa
- **G**: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa
- $\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{ky}}$: *7.000* m
- $\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *1.500* m
- $\mathbf{L_{kt}}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. $\mathbf{L_{kt}}$: *0.000* m
- $\mathbf{i_0}$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $\mathbf{i_0}$: *10.96* cm

$$\mathbf{i_0} = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

- $\mathbf{i_y}$, $\mathbf{i_z}$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $\mathbf{i_v}$: *9.43* cm; $\mathbf{i_z}$: *5.59* cm
- $\mathbf{y_0}$, $\mathbf{z_0}$: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. $\mathbf{y_0}$: *0.00* mm; $\mathbf{z_0}$: *0.00* mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{\mathbf{h_w}}{\mathbf{t_w}} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}} \qquad \mathbf{19.79 \leq 163.18}$$ ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** :	*188.00*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** :	*9.50*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** :	*17.86*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** :	*35.20*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{vf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{vf}** :	*275.00*	MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.009*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 9.887 m del nudo N51, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *22.40* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$: *2383.33* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *91.00* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.016*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.023*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N51, para la combinación de acciones 1.35·PP+0.9·V(0°)H2+1.5·N(EI).

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *37.15* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ **$N_{c,Rd}$** : *2383.33* 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** : *91.00* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ **$N_{b,Rd}$** : *1644.25* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *91.00* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_y : *0.69*

χ_z : *0.94*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_y : *0.98*

ϕ_z : *0.57*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.34*

α_z : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_v$: *0.86*

$\bar{\lambda}_z$: *0.31*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : *3422.36* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *3422.36* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *26188.67* kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.600*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N51, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *130.02* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N51, 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}^-** : *109.62* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *216.60* 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. **$W_{pl,y}$** : *827.00* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.106*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N51, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *10.95* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N51, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(R)1.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *10.94* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *103.16* 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. **$W_{pl,z}$** : *393.90* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.144*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N51, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *60.67* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *421.58* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *27.88* cm²

$$\mathbf{A_v} = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *220.00* mm

t_w: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *9.50* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t_w}} < 70 \cdot \varepsilon$$ **16.00** < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *16.00*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. **ε** : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. $\mathbf{f_{ref}}$: *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.002*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *2.11* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$ $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *1105.96* kN

Donde:

$\mathbf{A_V}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_V}$: *73.14* cm²

$$\mathbf{A_V} = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$\mathbf{A}$: Área de la sección bruta. $\mathbf{A}$: *91.00* cm²

$\mathbf{d}$: Altura del alma. $\mathbf{d}$: *188.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *9.50* mm

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$ **60.67 kN** ≤ **210.79 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *60.67* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *421.58* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$ **2.11 kN** ≤ **552.98 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *2.11* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *1105.96* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : ***0.715*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : ***0.681*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : ***0.478*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N51, 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. **$N_{c,Ed}$** : *20.82* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{y,Ed}^{+}$** : *129.92* kN·m; **$M_{z,Ed}^{-}$** : *10.94* 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 compresión de la sección bruta. **$N_{pl,Rd}$** : *2383.33* 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. **$M_{pl,Rd,y}$** : *216.60* kN·m; **$M_{pl,Rd,z}$** : *103.16* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *91.00* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **$W_{pl,y}$** : *827.00* cm³; **$W_{pl,z}$** : *393.90* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

$\mathbf{k_y}$, $\mathbf{k_z}$: Coeficientes de interacción.

$$\mathbf{k_y} = 1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$ $\mathbf{k_y}$: *1.01*

$$\mathbf{k_z} = 1 + \left(2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$ $\mathbf{k_z}$: *1.00*

$\mathbf{C_{m,y}}$, $\mathbf{C_{m,z}}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$\mathbf{C_{m,y}}$: *1.00*
$\mathbf{C_{m,z}}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : *0.69*
χ_z : *0.94*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

$\bar{\lambda}_y$: *0.86*
$\bar{\lambda}_z$: *0.31*
α_y : *0.60*
α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H1.

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$ **60.67 kN** ≤ **210.79 kN** ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,z}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed,z}}$: *60.67* kN

$\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd,z}}$: *421.58* 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)

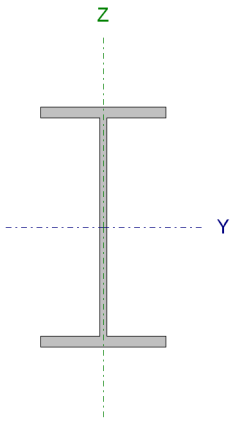
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

3.2.10.5.1.9. Bastidores para cruces de San Andrés en cubierta

Perfil: IPE 140
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N205	N49	7.000	16.40	541.00	44.90	2.45

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.000	7.000	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N205/N49	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.503 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η < 0.1	η = 26.5	x: 3.535 m η = 4.4	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	x: 0.07 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.503 m η < 0.1	N.P.(3)	x: 3.535 m η = 31.8	x: 0.503 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	**CUMPLE η = 31.8**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) 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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***1.40*** ✓

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** : *16.40* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *228.83* kN

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *228.83* 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. $\mathbf{N_{cr,z}}$: ∞

$$\mathbf{N_{cr,z}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

$$\mathbf{N_{cr,T}} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_y}$: *541.00* cm4

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *44.90* cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *2.45* cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *1980.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

$\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{ky}}$: *7.000* m

$\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *0.000* m

$\mathbf{L_{kt}}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. $\mathbf{L_{kt}}$: *0.000* m

$\mathbf{i_0}$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $\mathbf{i_0}$: *5.98* cm

$$\mathbf{i_0} = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

$\mathbf{i_y}$, $\mathbf{i_z}$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $\mathbf{i_y}$: *5.74* cm

$\mathbf{i_z}$: *1.65* cm

$\mathbf{y_0}$, $\mathbf{z_0}$: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. $\mathbf{y_0}$: *0.00* mm

$\mathbf{z_0}$: *0.00* mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

26.85 ≤ 248.60 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** :	*126.20*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** :	*4.70*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** :	*5.93*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** :	*5.04*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** :	*0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** :	*210000*	MPa
f_{vf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{vf}** :	*275.00*	MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

$\eta <$ ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·N(R)2.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *0.00* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$: *429.52* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *16.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.110*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.265*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *47.30* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ **$N_{c,Rd}$** : *429.52* 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** : *16.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ **$N_{b,Rd}$** : *178.69* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *16.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\overline{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$ **χ_v** : *0.42*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\overline{\lambda} - 0.2\right) + \left(\overline{\lambda}\right)^2\right]$$ **ϕ_v** : *1.61*

α: Coeficiente de imperfección elástica. **α_v** : *0.21*

$\overline{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\overline{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\overline{\lambda}_y$: *1.40*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: **N_{cr}** : *228.83* kN

- **$N_{cr,y}$**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *228.83* kN
- **$N_{cr,z}$**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : ∞
- **$N_{cr,T}$**: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.044*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.535 m del nudo N205, para la combinación de acciones 1.35·PP.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *1.02* 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:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *23.13* 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. **$W_{pl,y}$** : *88.30* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.005*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.070 m del nudo N205, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.60* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *115.17* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *7.62* cm²

$$A_V = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *140.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *4.70* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

23.87 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *23.87*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. **ε** : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. **f_{ref}** : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \qquad \textbf{0.52 kN} \leq \textbf{57.58 kN}$$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.503 m del nudo N205, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.52* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *115.17* 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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$ η : ***0.154*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.318*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.142*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.535 m del nudo N205, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — **$N_{c,Ed}$** : *47.29* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. — **$M_{y,Ed}^{+}$** : *1.02* 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 compresión de la sección bruta. — **$N_{pl,Rd}$** : *429.52* 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. — **$M_{pl,Rd,y}$** : *23.13* kN·m; **$M_{pl,Rd,z}$** : *5.05* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. — **A** : *16.40* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — **$W_{pl,y}$** : *88.30* cm³; **$W_{pl,z}$** : *19.30* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — **γ_{M1}** : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

k_y : *1.21*

$$k_z = 1 + \left(2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

k_z : *1.00*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. — **$C_{m,y}$** : *1.00*; **$C_{m,z}$** : *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — **χ_y** : *0.42*; **χ_z** : *1.00*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. — **$\bar{\lambda}_y$** : *1.40*; **$\bar{\lambda}_z$** : *0.00*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. — **α_y** : *0.60*; **α_z** : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.503 m del nudo N205, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \qquad \mathbf{0.52\ kN} \leq \mathbf{57.58\ kN}$$ ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed,z}$** : *0.52* kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd,z}$** : *115.17* 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)

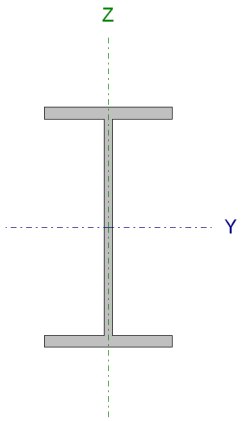
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

3.2.10.5.1.10. Bastidores para cruces de San Andrés en laterales

Perfil: IPE 120
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N56	N211	7.000	13.20	318.00	27.70	1.74

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.000	7.000	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N56/N211	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 3.5	η = 32.4	x: 6.85 m η = 12.5	x: 0.14 m η = 1.0	x: 6.85 m η = 1.0	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 6.85 m η = 48.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	N.P.(2)	N.P.(2)	**CUMPLE η = 48.5**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) 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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***1.64*** ✓

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** : *13.20* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *134.51* kN

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *134.51* 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. $\mathbf{N_{cr,z}}$: ∞

$$\mathbf{N_{cr,z}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

$$\mathbf{N_{cr,T}} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_y}$: *318.00* cm4

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *27.70* cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *1.74* cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *890.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

$\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{ky}}$: *7.000* m

$\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *0.000* m

$\mathbf{L_{kt}}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. $\mathbf{L_{kt}}$: *0.000* m

$\mathbf{i_0}$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $\mathbf{i_0}$: *5.12* cm

$$\mathbf{i_0} = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

$\mathbf{i_y}$, $\mathbf{i_z}$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $\mathbf{i_y}$: *4.91* cm

$\mathbf{i_z}$: *1.45* cm

$\mathbf{y_0}$, $\mathbf{z_0}$: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. $\mathbf{y_0}$: *0.00* mm

$\mathbf{z_0}$: *0.00* mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

24.41 ≤ 248.01 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** : *107.40*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** : *4.40*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** : *4.73*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** : *4.03*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** : *0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** : *210000*	MPa
f_{vf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{vf}** : *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 : ***0.035*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *12.14* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$: *345.71* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *13.20* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.103*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.324*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *35.65* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ **$N_{c,Rd}$** : *345.71* 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** : *13.20* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ **$N_{b,Rd}$** : *109.99* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *13.20* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\overline{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$ **χ_v** : *0.32*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\overline{\lambda} - 0.2\right) + \left(\overline{\lambda}\right)^2\right]$$ **ϕ_v** : *2.00*

α: Coeficiente de imperfección elástica. **α_v** : *0.21*

$\overline{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\overline{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\overline{\lambda}_y$: *1.64*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: **N_{cr}** : *134.51* kN

- **$N_{cr,y}$**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *134.51* kN
- **$N_{cr,z}$**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : ∞
- **$N_{cr,T}$**: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.125*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.850 m del nudo N56, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *0.72* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.850 m del nudo N56, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *1.98* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *15.90* 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. **$W_{pl,y}$** : *60.70* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

- **f_y**: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa
- **γ_{M0}**: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.010*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.140 m del nudo N56, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H1+0.75·N(EI).

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : *0.04* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.140 m del nudo N56, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : *0.04* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *3.56* 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. $W_{pl,z}$: *13.60* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.010*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.850 m del nudo N56, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *0.94* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *95.19* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *6.30* cm²

$$\mathbf{A_v} = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *120.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *4.40* mm

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t_w}} < 70 \cdot \varepsilon$$

21.23 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *21.23*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$\mathbf{f_{ref}}$: Límite elástico de referencia. $\mathbf{f_{ref}}$: *235.00* MPa

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *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 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.01* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$ **$V_{c,Rd}$** : *128.14* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *8.47* cm²

$$A_V = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *13.20* cm²

d: Altura del alma. **d** : *107.40* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *4.40* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a 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 **$V_{c,Rd}$**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$ **0.81 kN** ≤ **47.60 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.81* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *95.19* 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 kN** ≤ **64.07 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.01* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *128.14* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : ***0.235*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : ***0.485*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : ***0.205*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 6.850 m del nudo N56, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *35.65* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{v,Ed}^{-}$** : *1.98* kN·m; **$M_{z,Ed}^{+}$** : *0.03* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. **$N_{pl,Rd}$** : *345.71* 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. **$M_{pl,Rd,v}$** : *15.90* kN·m; **$M_{pl,Rd,z}$** : *3.56* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *13.20* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **$W_{pl,v}$** : *60.70* cm³; **$W_{pl,z}$** : *13.60* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

k_y : *1.26*

$$k_z = 1 + \left(2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

k_z : *1.00*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$: *1.00*
$C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : *0.32*
χ_z : *1.00*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\bar{\lambda}_y$: *1.64*
$\bar{\lambda}_z$: *0.00*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

α_y : *0.60*
α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$ **0.81 kN ≤ 47.60 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed,z}$: *0.81* kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd,z}$: *95.19* 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)

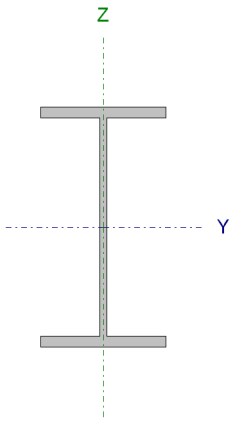
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

3.2.10.5.1.11. Viga de atado pórticos

Perfil: IPE 140
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N37	N42	7.000	16.40	541.00	44.90	2.45

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.000	7.000	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N37/N42	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.503 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 2.5	η = 33.2	x: 3.535 m η = 4.4	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	x: 0.07 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.503 m η < 0.1	N.P.(3)	x: 3.535 m η = 38.8	x: 0.503 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	**CUMPLE η = 38.8**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) 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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***1.40*** ✓

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** : *16.40* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *228.83* kN

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *228.83* 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. $\mathbf{N_{cr,z}}$: ∞

$$\mathbf{N_{cr,z}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

$$\mathbf{N_{cr,T}} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_y}$: *541.00* cm4

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *44.90* cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *2.45* cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *1980.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

$\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{kv}}$: *7.000* m

$\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *0.000* m

$\mathbf{L_{kt}}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. $\mathbf{L_{kt}}$: *0.000* m

$\mathbf{i_0}$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $\mathbf{i_0}$: *5.98* cm

$$\mathbf{i_0} = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

$\mathbf{i_y}$, $\mathbf{i_z}$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $\mathbf{i_v}$: *5.74* cm

$\mathbf{i_z}$: *1.65* cm

$\mathbf{y_0}$, $\mathbf{z_0}$: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. $\mathbf{y_0}$: *0.00* mm

$\mathbf{z_0}$: *0.00* mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{\mathbf{h_w}}{\mathbf{t_w}} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

26.85 ≤ 248.60 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** : *126.20*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** : *4.70*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** : *5.93*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** : *5.04*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** : *0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** : *210000*	MPa
f_{vf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{vf}** : *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 : ***0.025*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *10.82* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$: *429.52* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.	**A** : *16.40*	cm²
f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero.	**f_{vd}** : *261.90*	MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	**f_y** : *275.00*	MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	**γ_{M0}** : *1.05*	

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.138*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.332*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *59.33* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ **$N_{c,Rd}$** : *429.52* 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** : *16.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ **$N_{b,Rd}$** : *178.69* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *16.40* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\overline{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$ **χ_v** : *0.42*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\overline{\lambda} - 0.2\right) + \left(\overline{\lambda}\right)^2\right]$$ **ϕ_v** : *1.61*

α: Coeficiente de imperfección elástica. **α_v** : *0.21*

$\overline{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$ $\bar{\lambda}_v$: *1.40*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: *228.83* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,v}}$: *228.83* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: ∞

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.044*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.535 m del nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *1.02* kN·m

Para flexión negativa:

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *0.00* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{M_{c,Rd}}$: *23.13* 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*

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,v}}$: *88.30* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.005*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.070 m del nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.60* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *115.17* kN

Donde:

A_V: Área transversal a cortante. **A_v** : *7.62* cm²

$$A_V = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *140.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *4.70* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

23.87 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *23.87*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$\mathbf{f_{ref}}$: Límite elástico de referencia. $\mathbf{f_{ref}}$: *235.00* MPa

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2} \qquad \mathbf{0.52\ kN} \leq \mathbf{57.58\ kN}$$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.503 m del nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.52* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *115.17* 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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$ η : ***0.182*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.388*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.172*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.535 m del nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *59.33* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{y,Ed}^+$** : *1.02* 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 compresión de la sección bruta. **$N_{pl,Rd}$** : *429.52* 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. **$M_{pl,Rd,y}$** : *23.13* kN·m; **$M_{pl,Rd,z}$** : *5.05* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *16.40* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **$W_{pl,y}$** : *88.30* cm³; **$W_{pl,z}$** : *19.30* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

k_y : *1.27*

$$k_z = 1 + \left(2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

k_z : *1.00*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. **$C_{m,y}$** : *1.00*; **$C_{m,z}$** : *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **χ_y** : *0.42*; **χ_z** : *1.00*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. **$\bar{\lambda}_y$** : *1.40*; **$\bar{\lambda}_z$** : *0.00*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. **α_y** : *0.60*; **α_z** : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.503 m del nudo N37, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \qquad \mathbf{0.52\ kN} \leq \mathbf{57.58\ kN}$$ ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed,z}$** : *0.52* kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd,z}$** : *115.17* 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)

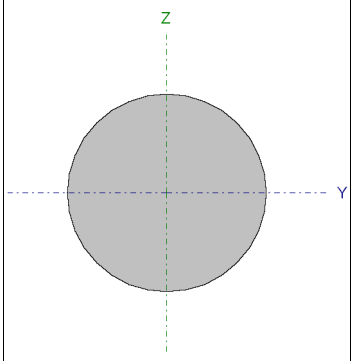
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

3.2.10.5.1.12. Tirantes cruces de San Andrés en cubierta

Perfil: R 20
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N9	N55	8.762	3.14	0.79	0.79	1.57

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	0.00	0.00	0.00
L_K	0.000	0.000	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	$NM_Y M_Z$	$NM_YM_ZV_Y V_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N9/N55	$\bar{\lambda} \leq$ 4.0 Cumple	η = 84.3	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(8)	**CUMPLE η = 84.3**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(5) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(6) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(8) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} <$ ***0.01*** ✓

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *3.14* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : ∞

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.843*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *66.84* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$: *79.29* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *3.14* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

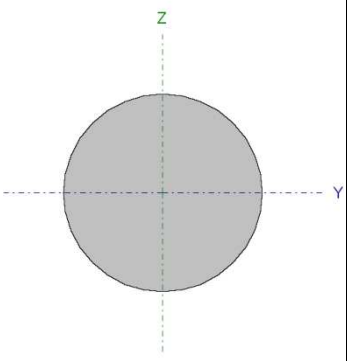
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

3.2.10.5.1.13. Tirante cruces de San Andrés laterales

Perfil: R 16
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N181	N37	9.272	2.01	0.32	0.32	0.64

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	0.00	0.00	0.00
L_K	0.000	0. 0	0 000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

4.

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	$\bar{\lambda}$	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	
N181/N37	$\bar{\lambda} \leq$ 4.0 Cumple	η = 43.9	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(6)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(7)	N.P.(8)	N.P.(8)	**CUMPLE η = 43.9**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.
(3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.
(4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(5) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(6) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.
(7) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(8) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

5.

6. **Limitación de esbeltez** (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda} <$ ***0.01*** ✓

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *2.01* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico. $\mathbf{N_{cr}}$: ∞

7.

8. **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 : ***0.439*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

$\mathbf{N_{t,Ed}}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{t,Ed}}$: *23.12* kN

La resistencia de cálculo a tracción $\mathbf{N_{t,Rd}}$ viene dada por:

$$\mathbf{N_{t,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$

$\mathbf{N_{t,Rd}}$: *52.66* kN

Donde:

$\mathbf{A}$: Área bruta de la sección transversal de la barra. $\mathbf{A}$: *2.01* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

9. $\boldsymbol{\gamma_{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\boldsymbol{\gamma_{M0}}$: *1.05*

10. **Resistencia a compresión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

11. **Resistencia a flexión eje Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

12. **Resistencia a flexión eje Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

13. **Resistencia a corte Z** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

14. **Resistencia a corte Y** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

15. **Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

16. **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.

17. **Resistencia a flexión y axil combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

18. **Resistencia a flexión, axil y cortante combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

19. **Resistencia a torsión** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

20. **Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

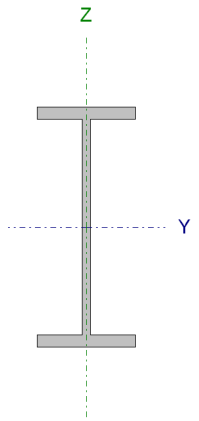
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

21. **Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados** (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

3.2.10.5.1.14. Viga cargadero entreplanta

Perfil: IPN 320
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N198	N199	5.250	77.70	12510.00	555.00	72.50

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	0.00	1.00	0.00	0.00
L_K	0.000	5.250	.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N198/N199	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 1.0	η = 2.0	x: 5.18 m η = 62.4	x: 0.07 m η = 0.5	x: 5.18 m η = 31.0	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.07 m η = 63.4	η < 0.1	η = 0.1	x: 5.18 m η = 16.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 63.4**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***0.47*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase** : *1*

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *77.70* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *9407.14* 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. $N_{cr,v}$: *9407.14* 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. $N_{cr,z}$: ∞

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$: ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. I_y : *12510.00* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. I_z : *555.00* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. I_t : *72.50* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. I_w : *129000.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. L_{ky} : *5.250* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. L_{kz} : *0.000* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. L_{kt} : *0.000* m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. i_0 : *12.97* cm

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. i_y : *12.69* cm

i_z : *2.67* cm

y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. y_0 : *0.00* mm

z_0 : *0.00* mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

24.82 ≤ 286.10 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : *285.40* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *11.50* mm

A_w: Área del alma. **A_w** : *32.82* cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. **$A_{fc,ef}$** : *22.66* cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. **k** : *0.30*
E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. **f_{yf}** : *265.00* 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 : ***0.010*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+0.9·V(270°)H1+1.5·N(EI).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *18.86* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$: *1961.00* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *77.70* cm²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.019*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.020*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *36.87* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ **$N_{c,Rd}$** : *1961.00* 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** : *77.70* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ **$N_{b,Rd}$** : *1831.51* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *77.70* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$ **χ_y** : *0.93*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$ **ϕ_y** : *0.64*

α: Coeficiente de imperfección elástica. **α_y** : *0.21*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$ **$\bar{\lambda}_y$** : *0.47*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: **N_{cr}** : *9407.14* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *9407.14* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : ∞

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.624*** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.180 m del nudo N198, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *143.90* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *230.68* 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. **$W_{pl,y}$** : *914.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.005*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.070 m del nudo N198, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *0.19* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.070 m del nudo N198, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *0.13* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *36.09* 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*

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$** : *143.00* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.310*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 5.180 m del nudo N198, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *173.38* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *558.70* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. A_v : *38.34* cm²

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *320.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *11.50* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : *252.38* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$ **22.82** < **65.92** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *22.82*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *65.92*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.94*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

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 : *265.00* 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 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.03* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$ **$V_{c,Rd}$** : *653.94* kN

Donde:

A_V: Área transversal a cortante. **A_v** : *44.88* cm²

$$A_V = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *77.70* cm²

d: Altura del alma. **d** : *285.40* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *11.50* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$ **173.28 kN** ≤ **279.35 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *173.28* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *558.70* 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 kN ≤ 326.97 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.03* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *653.94* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$ η : ***0.632*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.634*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.383*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.070 m del nudo N198, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *16.20* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{y,Ed}^{-}$** : *143.87* 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 compresión de la sección bruta. **$N_{pl,Rd}$** : *1961.00* 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. **$M_{pl,Rd,y}$** : *230.68* kN·m; **$M_{pl,Rd,z}$** : *36.09* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *77.70* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **$W_{pl,y}$** : *914.00* cm³; **$W_{pl,z}$** : *143.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *252.38* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *265.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$ k_y : *1.00*

$$k_z = 1 + \left(2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$ k_z : *1.00*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. $C_{m,y}$: *1.00*, $C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. χ_y : *0.93*, χ_z : *1.00*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. $\bar{\lambda}_y$: *0.47*, $\bar{\lambda}_z$: *0.00*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. α_y : *0.60*, α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q2.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$ **173.28 kN** ≤ **279.35 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed,z}$: *173.28* kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd,z}$: *558.70* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.01* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo **$M_{T,Rd}$** viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$ **$M_{T,Rd}$** : *6.11* kN·m

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *41.91* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$ **η** : ***0.165*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 5.180 m del nudo N198, 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}** : *92.27* kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.01* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido **$V_{pl,T,Rd}$** viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$ **$V_{pl,T,Rd}$** : *558.46* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *558.70* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *0.16* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *41.91* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *252.38* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.03* kN

$\mathbf{M_{T,Ed}}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{T,Ed}}$: *0.01* kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{V_{pl,T,Rd}} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$\mathbf{V_{pl,T,Rd}}$: *653.66* kN

Donde:

$\mathbf{V_{pl,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{pl,Rd}}$: *653.94* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: *0.16* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

$\mathbf{W_T}$: Módulo de resistencia a torsión. $\mathbf{W_T}$: *41.91* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *252.38* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y/\gamma_{M0}$$

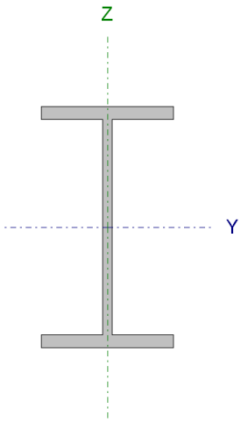
Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *265.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

3.2.10.5.1.15. Viga de atado entreplanta

Perfil: IPE 100
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	F l		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N197	N201	7.000	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	.	0.00	0.00
L_K	0.000	7.000	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N197/N201	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.438 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 5.1	η = 71.0	x: 3.5 m η = 6.4	M_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	x: 0 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.438 m η < 0.1	N.P.(3)	x: 3.5 m η = 80.9	x: 0.438 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(4)	N.P.(5)	N.P.(5)	**CUMPLE η = 80.9**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) 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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***1.98*** ✓

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* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *72.33* kN

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,v}}$: *72.33* 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. $\mathbf{N_{cr,z}}$: ∞

$$\mathbf{N_{cr,z}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

$$\mathbf{N_{cr,T}} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_v}$: *171.00* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *15.90* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *1.20* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *350.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{kv}}$: *7.000* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *0.000* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. $\mathbf{L_{kt}}$: *0.000* m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $\mathbf{i_0}$: *4.26* cm

$$\mathbf{i_0} = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $\mathbf{i_v}$: *4.07* cm

$\mathbf{i_z}$: *1.24* 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. $\mathbf{y_0}$: *0.00* mm

$\mathbf{z_0}$: *0.00* mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{\mathbf{h_w}}{\mathbf{t_w}} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

21.61 ≤ 246.60 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma.	**h_w** : *88.60*	mm
t_w: Espesor del alma.	**t_w** : *4.10*	mm
A_w: Área del alma.	**A_w** : *3.63*	cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	**$A_{fc,ef}$** : *3.14*	cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	**k** : *0.30*	
E: Módulo de elasticidad.	**E** : *210000*	MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida.	**f_{yf}** : *275.00*	MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.051*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(EI).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. **$N_{t,Ed}$** : *13.75* kN

La resistencia de cálculo a tracción **$N_{t,Rd}$** viene dada por:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$: *269.76* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.	**A** : *10.30*	cm²
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	**f_{yd}** : *261.90*	MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	**f_y** : *275.00*	MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	**γ_{M0}** : *1.05*	

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.161*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.710*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *43.56* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ **$N_{c,Rd}$** : *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* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ **$N_{b,Rd}$** : *61.32* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *10.30* cm²

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$ **χ_v** : *0.23*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$ **ϕ_v** : *2.64*

α: Coeficiente de imperfección elástica. **α_v** : *0.21*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\overline{\lambda}_y$: *1.98*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: **N_{cr}** : *72.33* kN

- **$N_{cr,y}$**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *72.33* kN
- **$N_{cr,z}$**: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : ∞
- **$N_{cr,T}$**: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.064*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 3.500 m del nudo N197, para la combinación de acciones 1.35·PP.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *0.66* 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:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *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*

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,y}$** : *39.40* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.005*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N197, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.37* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *76.54* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *5.06* cm²

$$A_v = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *100.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *4.10* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

18.20 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *18.20*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. **ε** : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$\mathbf{f_{ref}}$: Límite elástico de referencia. $\mathbf{f_{ref}}$: *235.00* MPa

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2} \qquad \mathbf{0.33\ kN} \leq \mathbf{38.27\ kN}$$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.438 m del nudo N197, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.33* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *76.54* 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:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$ η : ***0.225*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.809*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.221*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 3.500 m del nudo N197, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *43.52* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{y,Ed}^{+}$** : *0.66* 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 compresión de la sección bruta. **$N_{pl,Rd}$** : *269.76* 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. **$M_{pl,Rd,y}$** : *10.32* kN·m; **$M_{pl,Rd,z}$** : *2.41* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *10.30* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **$W_{pl,y}$** : *39.40* cm³; **$W_{pl,z}$** : *9.20* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$\mathbf{k_y} = 1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

k_y : *1.57*

$$\mathbf{k_z} = 1 + \left(2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

k_z : *1.00*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. **$C_{m,y}$** : *1.00*; **$C_{m,z}$** : *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **χ_y** : *0.23*; **χ_z** : *1.00*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. **$\bar{\lambda}_y$** : *1.98*; **$\bar{\lambda}_z$** : *0.00*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. **α_y** : *0.60*; **α_z** : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.438 m del nudo N197, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2} \qquad \mathbf{0.33\ kN} \leq \mathbf{38.27\ kN}$$ ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed,z}$** : *0.33* kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd,z}$** : *76.54* 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)

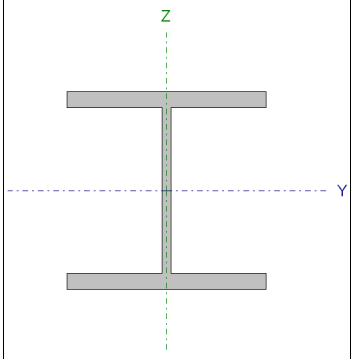
No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

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.

3.2.10.5.1.16. Pilar entreplanta

Perfil: HE 140 B
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N249	N198	3.000	43.00	1509.00	549.70	20.06

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_K	2.100	2.100	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N249/N198	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	x: 0 m η = 42.0	x: 2.84 m η = 20.3	x: 0 m η = 0.9	η = 4.5	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 42.1	η < 0.1	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	**CUMPLE η = 42.1**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***0.68*** ✓

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** : *43.00* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *2583.49* kN

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *7092.02* 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. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *2583.49* kN

$$\mathbf{N_{cr,z}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

$$\mathbf{N_{cr,T}} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

- $\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_y}$: *1509.00* cm4
- $\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *549.70* cm4
- $\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *20.06* cm4
- $\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *22480.00* cm6
- $\mathbf{E}$: Módulo de elasticidad. $\mathbf{E}$: *210000* MPa
- $\mathbf{G}$: Módulo de elasticidad transversal. $\mathbf{G}$: *81000* MPa
- $\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{ky}}$: *2.100* m
- $\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *2.100* m
- $\mathbf{L_{kt}}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. $\mathbf{L_{kt}}$: *0.000* m
- $\mathbf{i_0}$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $\mathbf{i_0}$: *6.92* cm

$$\mathbf{i_0} = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

- $\mathbf{i_y}$, $\mathbf{i_z}$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $\mathbf{i_y}$: *5.92* cm; $\mathbf{i_z}$: *3.58* cm
- $\mathbf{y_0}$, $\mathbf{z_0}$: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. $\mathbf{y_0}$: *0.00* mm; $\mathbf{z_0}$: *0.00* mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

16.57 ≤ 159.27 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. **h_w** : *116.00* mm
t_w: Espesor del alma. **t_w** : *7.00* mm
A_w: Área del alma. **A_w** : *8.12* cm²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. **$A_{fc,ef}$** : *16.80* cm²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. **k** : *0.30*
E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa
f_{yf}: Límite elástico del acero del ala comprimida. **f_{yf}** : *275.00* MPa
Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.310*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.420*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N249, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *349.23* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{c,Rd}$: *1126.19* 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** : *43.00* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{N_{b,Rd}}$: *832.43* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. $\mathbf{A}$: *43.00* cm²

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_v : *0.92*

χ_z : *0.74*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_v : *0.62*

ϕ_z : *0.85*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_v : *0.34*

α_z : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_v$: *0.41*

$\bar{\lambda}_z$: *0.68*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: *2583.49* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,v}}$: *7092.02* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *2583.49* kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.203*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.840 m del nudo N249, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *12.53* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.840 m del nudo N249, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *13.07* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{M_{c,Rd}}$: *64.27* 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*

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *245.40* cm³

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.009*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N249, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *0.17* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N249, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *0.28* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{M_{c,Rd}}$: *31.38* kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de **Clase** : *1*

deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. **$W_{pl,z}$** : *119.80* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.045*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *8.86* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *198.39* kN

Donde:

A_V: Área transversal a cortante. **A_V** : *13.12* cm²

$$A_V = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *140.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *7.00* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \qquad \mathbf{13.14} < \mathbf{64.71}$$ ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *13.14*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$\mathbf{f_{ref}}$: Límite elástico de referencia. $\mathbf{f_{ref}}$: *235.00* MPa

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \qquad \eta < \mathbf{0.001}$$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.09* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \qquad \mathbf{V_{c,Rd}} : \textit{527.42}\ \text{kN}$$

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *34.88* cm²

$$\mathbf{A_v} = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

$\mathbf{A}$: Área de la sección bruta. $\mathbf{A}$: *43.00* cm²

$\mathbf{d}$: Altura del alma. $\mathbf{d}$: *116.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *7.00* mm

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2} \qquad \mathbf{8.86\ kN} \leq \mathbf{99.19\ kN}$$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *8.86* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *198.39* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2} \qquad \mathbf{0.09\ kN} \leq \mathbf{263.71\ kN}$$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.09* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *527.42* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \qquad \eta : \mathbf{0.313}$$ ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \qquad \eta : \mathbf{0.339}$$ ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \qquad \eta : \mathbf{0.421}$$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N249, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — **$N_{c,Ed}$** : *349.23* kN

$M_{y,Ed}$, **$M_{z,Ed}$**: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. — **$M_{y,Ed}^{+}$** : *0.16* 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 compresión de la sección bruta. — **$N_{pl,Rd}$** : *1126.19* 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. — **$M_{pl,Rd,y}$** : *64.27* kN·m; **$M_{pl,Rd,z}$** : *31.38* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. — **A** : *43.00* cm²

$W_{pl,y}$, **$W_{pl,z}$**: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — **$W_{pl,y}$** : *245.40* cm³; **$W_{pl,z}$** : *119.80* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. — **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) — **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. — **γ_{M1}** : *1.05*

k_y, **k_z**: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

k_y : *1.07*

$$k_z = 1 + \left(2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

k_z : *1.32*

$C_{m,y}$, **$C_{m,z}$**: Factores de momento flector uniforme equivalente. — **$C_{m,y}$** : *1.00*; **$C_{m,z}$** : *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. — χ_y : *0.92*; χ_z : *0.74*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. — $\bar{\lambda}_y$: *0.41*; $\bar{\lambda}_z$: *0.68*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. — α_y : *0.60*; α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$**.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

$$\mathbf{V_{Ed,z}} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$ **8.86 kN** ≤ **99.19 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **$V_{Ed,z}$** : *8.86* kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd,z}$** : *198.39* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. **$M_{T,Ed}$** : *0.00* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo **$M_{T,Rd}$** viene dado por:

$$\mathbf{M_{T,Rd}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$ **$M_{T,Rd}$** : *2.53* kN·m

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *16.72* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$ η < ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen 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}** : *0.08* 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$ **$V_{pl,T,Rd}$** : *198.29* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *198.39* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *0.18* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *16.72* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y/\gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$ $\eta <$ ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen 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}** : *0.09* 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$ **$V_{pl,T,Rd}$** : *527.17* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *527.42* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *0.18* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *16.72* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *261.90* MPa

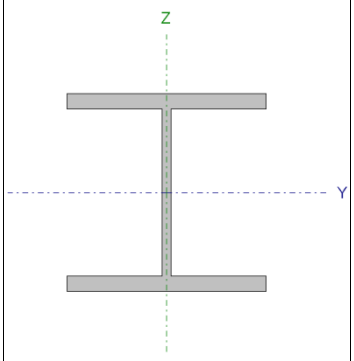
$$f_{yd} = f_y/\gamma_{M0}$$

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_v : *275.00* MPa
γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : *1.05*

3.2.10.5.1.17. Viga para portón basculante y puerta de emergencias

Perfil: HE 160 B
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N253	N254	7.000	54.30	2492.00	889.20	31.24

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	7.000	7.000	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N253/N254	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 0.3	η = 2.4	x: 0 m η = 9.4	x: 7 m η = 0.3	x: 0 m η = 1.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 10.5	η < 0.1	η = 0.2	x: 0 m η = 0.8	η < 0.1	**CUMPLE η = 10.5**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)

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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***1.99*** ✓

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** : *54.30* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *376.12* 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. **$N_{cr,y}$** : *1054.07* 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. $N_{cr,z}$: *376.12* kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$: ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. I_y : *2492.00* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. I_z : *889.20* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. I_t : *31.24* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. I_w : *47940.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. L_{ky} : *7.000* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. L_{kz} : *7.000* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. L_{kt} : *0.000* m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. i_0 : *7.89* cm

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. i_y : *6.77* cm

i_z : *4.05* cm

y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. y_0 : *0.00* mm

z_0 : *0.00* mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

16.75 ≤ 164.47 ✓

Donde:

h_w: Altura del alma. h_w : *134.00* mm

t_w: Espesor del alma. t_w : *8.00* mm

A_w: Área del alma. A_w : *10.72* cm²

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida. $A_{fc,ef}$: *20.80* cm²

k: Coeficiente que depende de la clase de la sección. **k** : *0.30*

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

$\mathbf{f_{yf}}$: Límite elástico del acero del ala comprimida. $\mathbf{f_{yf}}$: *275.00* MPa

Siendo:

$f_{yf} = f_y$

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.003*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(EI).

$\mathbf{N_{t,Ed}}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{t,Ed}}$: *4.53* kN

La resistencia de cálculo a tracción $\mathbf{N_{t,Rd}}$ viene dada por:

$$\mathbf{N_{t,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$

$\mathbf{N_{t,Rd}}$: *1422.14* kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra. **A** : *54.30* cm²

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.005*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.024*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2.

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *6.73* kN

La resistencia de cálculo a compresión $\mathbf{N_{c,Rd}}$ viene dada por:

$$\mathbf{N_{c,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{N_{c,Rd}}$: *1422.14* 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** : *54.30* cm²

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{N_{b,Rd}}$: *280.80* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *54.30* cm²

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_y : *0.48*

χ_z : *0.20*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_y : *1.38*

ϕ_z : *2.92*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.34*

α_z : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$: *1.19*

$\bar{\lambda}_z$: *1.99*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: *376.12* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. **$N_{cr,y}$** : *1054.07* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **$N_{cr,z}$** : *376.12* kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.094*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N253, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

M_{Ed}^{+}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{+}** : *4.31* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N253, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^{-}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^{-}** : *8.73* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *92.71* 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. **$W_{pl,y}$** : *354.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.003*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N254, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *0.15* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N254, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *0.10* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *44.52* 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. **$W_{pl,z}$** : *170.00* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.014*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N253, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *3.79* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *266.74* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *17.64* cm²

$$\mathbf{A_v} = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *160.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *8.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t_w}} < 70 \cdot \varepsilon \qquad \mathbf{13.00} < \mathbf{64.71}$$ ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *13.00*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. **ε** : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. **f_{ref}** : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \qquad \eta < \mathbf{0.001}$$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.03* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$ **$V_{c,Rd}$** : *658.98* kN

Donde:

A_V: Área transversal a cortante. **A_v** : *43.58* cm²

$$\mathbf{A_V} = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *54.30* cm²

d: Altura del alma. **d** : *134.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *8.00* mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

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 **$V_{c,Rd}$**.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$ **3.79 kN ≤ 133.37 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *3.79* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *266.74* 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 **$V_{c,Rd}$**.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$ **0.03 kN ≤ 329.49 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.03* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *658.98* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : ***0.099*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : ***0.105*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : ***0.081*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N253, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2+0.75·N(EI).

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *6.73* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{v,Ed}^{-}$** : *8.73* kN·m; **$M_{z,Ed}^{+}$** : *0.02* 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 compresión de la sección bruta. **$N_{pl,Rd}$** : *1422.14* 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. **$M_{pl,Rd,v}$** : *92.71* kN·m; **$M_{pl,Rd,z}$** : *44.52* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *54.30* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **$W_{pl,v}$** : *354.00* cm³; **$W_{pl,z}$** : *170.00* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

k_y : *1.01*

$$k_z = 1 + \left(2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

k_z : *1.03*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y}$: *1.00*
$C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

χ_y : *0.48*
χ_z : *0.20*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.

$\bar{\lambda}_y$: *1.19*
$\bar{\lambda}_z$: *1.99*
α_y : *0.60*
α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(270°)H2.

$$V_{Ed,z} \leq \frac{V_{c,Rd,z}}{2}$$

3.79 kN ≤ **133.37 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z}$: *3.79* kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z}$: *266.74* kN

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{T,Ed}}{M_{T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.002*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: *0.01* kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot W_T \cdot f_{yd}$$

$M_{T,Rd}$: *3.63* kN·m

Donde:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *24.03* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.008*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N253, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *2.09* 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: *266.68* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *266.74* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *0.08* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *24.03* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{pl,T,Rd}} \leq 1$$

$\eta <$ ***0.001*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.00* 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:

$$V_{pl,T,Rd} = \sqrt{1 - \frac{\tau_{T,Ed}}{1.25 \cdot f_{yd}/\sqrt{3}}} \cdot V_{pl,Rd}$$

$V_{pl,T,Rd}$: *658.84* kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{pl,Rd}$** : *658.98* kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. **$\tau_{T,Ed}$** : *0.08* MPa

$$\tau_{T,Ed} = \frac{M_{T,Ed}}{W_t}$$

Siendo:

W_T: Módulo de resistencia a torsión. **W_T** : *24.03* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

3.2.10.5.2. Comprobaciones de resistencia para todas las barras

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N41/N201	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.[1]	x: 0 m η = 3.6	x: 0 m η = 12.1	x: 0 m η = 12.6	x: 0 m η = 4.4	x: 0 m η = 0.7	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 20.9	η < 0.1	η = 1.2	x: 0 m η = 2.3	x: 0 m η = 0.7	**CUMPLE η = 20.9**
N201/N42	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 5.989 m η = 0.4	x: 0.16 m η = 1.3	x: 0.16 m η = 13.5	x: 3.44 m η = 8.3	x: 0.16 m η = 3.7	x: 0.16 m η = 1.0	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.16 m η = 19.0	η < 0.1	η = 0.3	x: 0.16 m η = 1.9	x: 0.16 m η = 1.0	**CUMPLE η = 19.0**
N43/N202	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.[1]	x: 0 m η = 3.7	x: 0 m η = 11.7	x: 0 m η = 12.5	x: 0 m η = 4.1	x: 0 m η = 0.7	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 18.2	η < 0.1	η = 1.3	x: 0 m η = 2.3	x: 0 m η = 0.7	**CUMPLE η = 18.2**
N202/N44	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 5.989 m η = 0.6	x: 0.16 m η = 1.3	x: 0.16 m η = 11.9	x: 3.44 m η = 11.6	x: 0.16 m η = 3.3	x: 0.16 m η = 1.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.16 m η = 15.5	η < 0.1	η = 0.4	x: 0.16 m η = 1.9	x: 0.16 m η = 1.0	**CUMPLE η = 15.5**
N42/N49	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 5.27 m η = 1.0	x: 0.141 m η = 6.0	x: 0.141 m η = 20.1	x: 5.27 m η = 5.7	x: 0.141 m η = 6.8	x: 0.141 m η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.27 m η = 25.2	η < 0.1	η = 0.4	x: 0.141 m η = 1.2	x: 0.141 m η = 0.2	**CUMPLE η = 25.2**
N49/N45	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 5.157 m η = 5.5	x: 0 m η = 8.3	x: 0 m η = 18.8	x: 0 m η = 5.7	x: 5.159 m η = 5.2	x: 0 m η = 0.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 29.7	η < 0.1	η = 0.4	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 0.3	**CUMPLE η = 29.7**
N44/N50	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 5.27 m η = 0.8	x: 0.141 m η = 6.0	x: 0.141 m η = 28.4	x: 5.27 m η = 6.3	x: 0.141 m η = 9.6	x: 0.141 m η = 0.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 29.6	η < 0.1	η = 0.3	x: 0.141 m η = 1.6	x: 0.141 m η = 0.2	**CUMPLE η = 29.6**
N50/N45	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 5.157 m η = 5.5	x: 0 m η = 8.3	x: 0 m η = 17.4	x: 0 m η = 6.3	x: 0 m η = 5.5	x: 0 m η = 0.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 29.2	η < 0.1	η = 0.3	x: 0 m η = 0.8	x: 0 m η = 0.3	**CUMPLE η = 29.2**
N1/N207	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 3 m η = 0.7	x: 0 m η = 7.7	x: 0 m η = 25.5	x: 0 m η = 13.6	x: 0 m η = 5.6	x: 0 m η = 0.7	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 32.5	η < 0.1	η = 0.6	η = 0.3	η < 0.1	**CUMPLE η = 32.5**
N207/N224	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 3.608 m η = 0.3	x: 0 m η = 8.5	x: 3.61 m η = 8.1	x: 3.384 m η = 8.9	x: 0 m η = 3.2	x: 0 m η = 1.0	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.61 m η = 16.5	η < 0.1	η = 0.6	η = 0.3	η < 0.1	**CUMPLE η = 16.5**
N224/N2	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.239 m η = 0.5	x: 0.14 m η = 0.9	x: 0.14 m η = 13.3	x: 0.14 m η = 8.6	η = 3.8	x: 2.241 m η = 0.8	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.14 m η = 14.2	η < 0.1	η = 0.6	η = 3.8	η < 0.1	**CUMPLE η = 14.2**
N3/N56	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.938 m η = 0.7	x: 0 m η = 7.4	x: 0 m η = 22.9	x: 0 m η = 13.4	x: 0 m η = 4.9	x: 0 m η = 0.8	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 31.4	η < 0.1	η = 0.5	η = 3.6	η < 0.1	**CUMPLE η = 31.4**
N56/N228	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 3.608 m η = 0.5	x: 0.06 m η = 8.2	x: 3.61 m η = 20.6	x: 3.388 m η = 12.2	η = 3.6	x: 0.06 m η = 1.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.61 m η = 29.1	η < 0.1	η = 0.8	η = 3.6	η < 0.1	**CUMPLE η = 29.1**
N228/N4	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.239 m η = 0.6	x: 0.14 m η = 0.9	x: 2.241 m η = 6.5	x: 0.14 m η = 11.8	x: 2.241 m η = 3.6	x: 2.241 m η = 1.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.142 m η = 15.8	η < 0.1	η = 0.8	η = 0.1	η < 0.1	**CUMPLE η = 15.8**
N4/N55	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 5.27 m η = 1.2	x: 0.141 m η = 2.9	x: 0.141 m η = 34.0	x: 5.27 m η = 6.2	x: 0.141 m η = 10.0	x: 0.141 m η = 0.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.141 m η = 34.9	η < 0.1	η = 0.3	x: 5.27 m η = 2.8	x: 0.141 m η = 0.2	**CUMPLE η = 34.9**
N55/N5	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 5.157 m η = 5.7	x: 0 m η = 4.7	x: 0 m η = 16.2	x: 0 m η = 6.2	x: 0 m η = 5.5	x: 0 m η = 0.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 28.0	η < 0.1	η = 0.3	x: 0 m η = 1.8	x: 0 m η = 0.2	**CUMPLE η = 28.0**
N2/N53	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 5.27 m η = 1.4	x: 0.141 m η = 4.9	x: 0.141 m η = 23.8	x: 5.27 m η = 5.6	x: 0.141 m η = 7.0	x: 0.141 m η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.27 m η = 26.2	η < 0.1	η = 0.4	x: 5.27 m η = 2.3	x: 0.141 m η = 0.1	**CUMPLE η = 26.2**
N53/N5	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 5.157 m η = 5.9	x: 0 m η = 4.7	x: 0 m η = 19.5	x: 0 m η = 5.6	x: 5.159 m η = 5.2	x: 0 m η = 0.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 30.7	η < 0.1	η = 0.4	x: 0 m η = 1.1	x: 0 m η = 0.2	**CUMPLE η = 30.7**
N2/N7	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.433 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 2.5	η = 27.9	x: 3.465 m η = 4.4	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 6.93 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.433 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 3.465 m η = 33.4	x: 0.433 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 33.4**
N7/N12	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.499 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 14.3	η = 18.4	x: 3.5 m η = 4.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.07 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.499 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 3.5 m η = 23.4	x: 0.499 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 23.4**
N12/N17	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.499 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 14.2	η = 18.9	x: 3.5 m η = 4.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.07 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.499 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 3.5 m η = 23.9	x: 0.499 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 23.9**
N17/N22	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.499 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 14.2	η = 19.5	x: 3.5 m η = 4.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.07 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.499 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 3.5 m η = 24.5	x: 0.499 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 24.5**
N22/N27	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.499 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 14.2	η = 20.0	x: 3.5 m η = 4.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.07 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.499 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 3.5 m η = 25.1	x: 0.499 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 25.1**
N27/N32	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.499 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 14.2	η = 20.6	x: 3.5 m η = 4.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.07 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.499 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 3.5 m η = 25.7	x: 0.499 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 25.7**
N32/N37	$\bar{\lambda}$ <	x: 0.499	η = 14.0	η = 20.3	x: 3.5 m	M_{Ed} =	x: 0.07	V_{Ed} =	x: 0.499	N.P.[4]	x: 3.5 m	x: 0.499	M_{Ed} =	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPL**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_yV_z	M_zV_y	NM_yM_z	$NM_yM_zV_yV_z$	M_t	M_tV_z	M_tV_y	
	2.0 Cumple	m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple			η = 4.3	0.00 N.P.(2)	m η = 0.5	0.00 N.P.(3)	m η < 0.1		η = 25.4	m η < 0.1	0.00 N.P.(5)			**E η = 25.4**
N37/N42	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.503 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 2.5	η = 33.2	x: 3.535 m η = 4.4	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.07 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.503 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 3.535 m η = 38.8	x: 0.503 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 38.8**
N39/N44	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.503 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 3.4	η = 33.2	x: 3.535 m η = 4.4	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.07 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.503 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 3.535 m η = 38.8	x: 0.503 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 38.8**
N34/N39	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.499 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 15.8	η = 20.4	x: 3.5 m η = 4.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.07 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.499 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 3.5 m η = 25.5	x: 0.499 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 25.5**
N29/N34	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.499 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 16.1	η = 20.7	x: 3.5 m η = 4.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.07 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.499 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 3.5 m η = 25.8	x: 0.499 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 25.8**
N24/N29	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.499 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 16.1	η = 20.1	x: 3.5 m η = 4.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.07 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.499 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 3.5 m η = 25.2	x: 0.499 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 25.2**
N19/N24	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.499 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 16.1	η = 19.6	x: 3.5 m η = 4.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.07 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.499 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 3.5 m η = 24.6	x: 0.499 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 24.6**
N14/N19	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.499 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 16.2	η = 19.0	x: 3.5 m η = 4.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.07 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.499 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 3.5 m η = 24.0	x: 0.499 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 24.0**
N9/N14	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.499 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 16.2	η = 18.5	x: 3.5 m η = 4.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.07 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.499 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 3.5 m η = 23.5	x: 0.499 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 23.5**
N4/N9	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.433 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 3.4	η = 27.9	x: 3.465 m η = 4.4	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 6.93 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.433 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 3.465 m η = 33.3	x: 0.433 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 33.3**
N46/N242	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	x: 0 m η = 9.4	x: 0 m η = 60.0	x: 0 m η = 10.2	x: 0 m η = 14.5	η = 0.6	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 75.0	η < 0.1	η = 0.1	x: 0 m η = 9.0	η = 0.6	**CUMPLE η = 75.0**
N242/N45	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 6.887 m η = 1.0	x: 0.16 m η = 1.9	x: 3.188 m η = 29.2	x: 0.16 m η = 9.5	x: 6.889 m η = 7.7	η = 0.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.852 m η = 31.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 6.889 m η = 4.8	η = 0.2	**CUMPLE η = 31.2**
N47/N241	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	x: 0 m η = 9.6	x: 0 m η = 53.8	x: 2.84 m η = 13.3	x: 0 m η = 13.5	η = 0.9	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 68.6	η < 0.1	η = 0.5	x: 0 m η = 13.2	η < 0.1	**CUMPLE η = 68.6**
N241/N49	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 6.437 m η = 1.1	x: 0.16 m η = 1.9	x: 2.986 m η = 26.7	x: 0.16 m η = 7.0	x: 6.439 m η = 7.6	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.672 m η = 31.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 31.5**
N48/N243	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	x: 0 m η = 9.6	x: 0 m η = 57.5	x: 2.84 m η = 13.2	x: 0 m η = 14.8	η = 0.9	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 75.3	η < 0.1	η = 0.5	x: 0 m η = 13.2	η < 0.1	**CUMPLE η = 75.3**
N243/N50	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 6.437 m η = 1.0	x: 0.16 m η = 1.8	x: 2.986 m η = 29.3	x: 0.16 m η = 7.0	x: 6.439 m η = 8.3	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.672 m η = 33.6	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 33.6**
N51/N5	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 9.887 m η = 0.9	x: 0 m η = 2.3	x: 0 m η = 60.0	x: 0 m η = 10.6	x: 0 m η = 14.4	η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 71.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 71.5**
N52/N53	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 9.437 m η = 1.1	x: 0 m η = 2.4	x: 0 m η = 53.5	x: 0 m η = 6.3	x: 0 m η = 13.6	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 60.4	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 60.4**
N54/N55	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 9.437 m η = 1.0	x: 0 m η = 2.2	x: 0 m η = 58.4	x: 0 m η = 6.3	x: 0 m η = 14.9	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 65.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 65.5**
N26/N215	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 6.608 m η = 1.8	x: 0 m η = 8.9	x: 0 m η = 34.8	x: 0 m η = 4.1	x: 0 m η = 9.2	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 36.1	η < 0.1	η < 0.1	η = 1.0	η < 0.1	**CUMPLE η = 36.1**
N215/N67	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.5 m η = 1.9	x: 0.14 m η = 2.1	x: 1.5 m η = 18.1	x: 0.14 m η = 1.0	η = 3.8	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.5 m η = 18.5	η < 0.1	η < 0.1	η = 3.8	η < 0.1	**CUMPLE η = 18.5**
N67/N27	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 0.687 m η = 2.0	x: 0 m η = 1.9	x: 0 m η = 18.1	x: 0 m η = 0.4	x: 0.689 m η = 16.7	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 18.4	η < 0.1	η < 0.1	η = 0.4	η < 0.1	**CUMPLE η = 18.4**
N28/N238	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 6.608 m η = 2.4	x: 0 m η = 7.8	x: 0 m η = 33.7	x: 0 m η = 4.1	x: 0 m η = 8.2	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 34.2	η < 0.1	η < 0.1	η = 3.8	η < 0.1	**CUMPLE η = 34.2**
N238/N68	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.5 m η = 2.5	x: 0.14 m η = 2.3	x: 1.5 m η = 27.6	x: 0.14 m η = 1.0	x: 0.14 m η = 4.2	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.5 m η = 30.1	η < 0.1	η < 0.1	η = 3.8	η < 0.1	**CUMPLE η = 30.1**
N68/N29	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 0.687 m η = 2.4	x: 0 m η = 2.0	x: 0 m η = 27.6	x: 0 m η = 0.4	x: 0.689 m η = 22.8	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 30.0	η < 0.1	η < 0.1	η = 16.3	η < 0.1	**CUMPLE η = 30.0**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_yV_z	M_zV_y	NM_yM_z	$NM_yM_zV_yV_z$	M_t	M_tV_z	M_tV_y	
N27/N76	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 7.1	x: 0.155 m η = 8.0	x: 0.155 m η = 7.5	x: 0.155 m η < 0.1	x: 0.155 m η = 2.8	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.108 m η = 12.1	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 12.1**
N76/N75	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 12.1	x: 0 m η = 13.3	x: 2.108 m η = 5.8	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.9	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.422 m η = 18.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 18.3**
N75/N74	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 14.8	x: 0 m η = 16.9	x: 1.054 m η = 3.9	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.2	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 1.054 m η = 20.2	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 20.2**
N74/N73	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 15.2	x: 0 m η = 17.8	x: 2.108 m η = 5.8	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.108 m η = 23.7	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 23.7**
N73/N30	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 13.8	x: 0 m η = 16.4	x: 2.108 m η = 18.4	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 4.2	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.108 m η = 35.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 35.3**
N29/N72	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 7.2	x: 0.155 m η = 8.5	x: 0.155 m η = 11.5	x: 0.155 m η < 0.1	x: 0.155 m η = 3.9	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.155 m η = 16.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 16.3**
N72/N71	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 7.2	x: 0 m η = 10.2	x: 2.108 m η = 8.2	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 3.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.108 m η = 14.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 14.8**
N71/N70	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 11.9	x: 0 m η = 13.8	x: 1.054 m η = 3.7	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.843 m η = 16.9	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 16.9**
N70/N69	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 13.9	x: 0 m η = 16.2	x: 2.108 m η = 7.9	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.7	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.108 m η = 22.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 22.8**
N69/N30	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 13.6	x: 0 m η = 16.0	x: 2.108 m η = 18.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 4.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.108 m η = 34.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 34.3**
N67/N61	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 6.6	η = 38.2	x: 0.16 m η = 9.8	x: 1.05 m η < 0.1	x: 0.16 m η = 1.8	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.383 m η < 0.1	x: 0.16 m η = 44.1	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 44.1**
N61/N60	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 7.1	η = 39.3	x: 0 m η = 6.3	x: 0 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.9	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0 m η = 42.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 42.5**
N60/N59	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 11.2	η = 54.7	x: 0 m η = 3.9	x: 0 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0 m η = 56.7	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 56.7**
N59/N58	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 12.8	η = 59.7	x: 0 m η = 1.9	x: 0 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0 m η = 60.9	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 60.9**
N58/N57	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 12.7	η = 56.8	x: 2.1 m η = 3.6	x: 0 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.1 m η = 58.6	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 58.6**
N57/N62	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 10.7	η = 47.0	x: 2.1 m η = 1.5	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0 m η = 0.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.1 m η = 47.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 47.3**
N62/N63	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 11.9	η = 54.8	x: 0 m η = 2.8	x: 2.1 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0 m η = 56.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 56.5**
N63/N64	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 10.9	η = 50.9	x: 2.1 m η = 2.9	x: 2.1 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.1 m η = 52.7	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 52.7**
N64/N65	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 8.9	η = 36.8	x: 2.1 m η = 4.8	x: 2.1 m η < 0.1	x: 0 m η = 0.6	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.1 m η = 39.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 39.8**
N65/N66	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 6.7	η = 35.2	x: 2.1 m η = 8.9	x: 2.1 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 1.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0 m η = 36.0	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 36.0**
N66/N68	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 12.1	η = 50.4	x: 0.89 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	x: 0.89 m η = 2.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0.89 m η = 58.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 58.3**
N62/N30	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.164 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.041 m η = 5.0	x: 0.164 m η = 8.0	x: 1.102 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.164 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.164 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.915 m η = 8.1	x: 0.164 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 8.1**
N62/N69	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.723 m η = 4.9	x: 0.169 m η = 8.0	x: 0.947 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.947 m η = 8.2	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 8.2**
N63/N69	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.703 m η = 4.3	x: 0.169 m η = 6.6	x: 0.937 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.937 m η = 6.8	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 6.8**
N63/N70	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.568 m η = 4.6	x: 0.176 m η = 6.8	x: 0.873 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.873 m η = 6.9	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 6.9**
N64/N70	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.544 m η = 6.2	x: 0.176 m η = 7.7	x: 0.861 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.861 m η = 7.9	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 7.9**
N64/N71	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumpl	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.417 m η = 5.8	x: 0.187 m η = 9.3	x: 0.803 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.803 m η = 9.4	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 9.4**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_yV_z	M_zV_y	NM_yM_z	$NM_yM_zV_yV_z$	M_t	M_tV_z	M_tV_y	
	e															
N65/N71	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.388 m η = 11.9	x: 0.187 m η = 14.9	x: 0.789 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.789 m η = 15.1	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 15.1**
N65/N72	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.272 m η = 12.1	x: 0.202 m η = 18.1	x: 0.738 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.202 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.738 m η = 18.2	x: 0.202 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 18.2**
N66/N72	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.235 m η = 20.1	x: 0.202 m η = 22.2	x: 0.719 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.719 m η = 22.4	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 22.4**
N66/N29	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.131 m η = 16.3	x: 0.226 m η = 25.0	x: 1.133 m η = 5.2	x: 1.131 m η < 0.1	x: 0.226 m η = 0.5	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.453 m η < 0.1	x: 1.133 m η = 30.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 30.8**
N57/N30	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.164 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.041 m η = 6.1	x: 0.164 m η = 11.8	x: 1.102 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.164 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.164 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.915 m η = 12.0	x: 0.164 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 12.0**
N57/N73	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.723 m η = 7.2	x: 0.169 m η = 9.8	x: 0.947 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.947 m η = 10.1	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 10.1**
N58/N73	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.703 m η = 3.6	x: 0.169 m η = 6.0	x: 0.937 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.937 m η = 6.3	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 6.3**
N58/N74	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.568 m η = 4.1	x: 0.176 m η = 5.4	x: 0.873 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.873 m η = 5.5	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 5.5**
N59/N74	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.544 m η = 3.4	x: 0.176 m η = 6.2	x: 0.861 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.861 m η = 6.4	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 6.4**
N59/N75	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.417 m η = 4.7	x: 0.187 m η = 4.9	x: 0.803 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.803 m η = 5.0	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 5.0**
N60/N75	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.388 m η = 7.5	x: 0.187 m η = 11.0	x: 0.789 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.789 m η = 11.2	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 11.2**
N60/N76	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.272 m η = 9.0	x: 0.202 m η = 11.3	x: 0.738 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.202 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.738 m η = 11.5	x: 0.202 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 11.5**
N61/N76	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.235 m η = 13.7	x: 0.202 m η = 17.0	x: 0.719 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.719 m η = 17.2	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 17.2**
N61/N27	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.131 m η = 14.0	x: 0.226 m η = 19.4	x: 1.133 m η = 3.3	x: 1.131 m η < 0.1	x: 1.133 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.453 m η < 0.1	x: 1.133 m η = 21.1	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 21.1**
N23/N236	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 6.608 m η = 2.4	x: 0 m η = 7.8	x: 0 m η = 33.7	x: 0 m η = 3.9	x: 0 m η = 8.2	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 34.2	η < 0.1	η < 0.1	η = 3.8	η < 0.1	**CUMPLE η = 34.2**
N236/N88	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.5 m η = 2.5	x: 0.14 m η = 2.3	x: 1.5 m η = 27.6	x: 0.14 m η = 0.9	x: 0.14 m η = 4.2	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.5 m η = 30.1	η < 0.1	η < 0.1	η = 3.8	η < 0.1	**CUMPLE η = 30.1**
N88/N24	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 0.687 m η = 2.4	x: 0 m η = 2.0	x: 0 m η = 27.6	x: 0 m η = 0.4	x: 0.689 m η = 22.8	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 30.0	η < 0.1	η < 0.1	η = 16.3	η < 0.1	**CUMPLE η = 30.0**
N21/N213	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 6.608 m η = 1.8	x: 0 m η = 8.9	x: 0 m η = 34.8	x: 0 m η = 3.9	x: 0 m η = 9.2	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 36.1	η < 0.1	η < 0.1	η = 1.0	η < 0.1	**CUMPLE η = 36.1**
N213/N87	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.5 m η = 1.9	x: 0.14 m η = 2.1	x: 1.5 m η = 18.1	x: 0.14 m η = 0.9	η = 3.8	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.5 m η = 18.5	η < 0.1	η < 0.1	η = 3.8	η < 0.1	**CUMPLE η = 18.5**
N87/N22	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 0.687 m η = 2.0	x: 0 m η = 1.9	x: 0 m η = 18.1	x: 0 m η = 0.4	x: 0.689 m η = 16.7	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 18.4	η < 0.1	η < 0.1	η = 0.4	η < 0.1	**CUMPLE η = 18.4**
N22/N96	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 7.1	x: 0.155 m η = 8.0	x: 0.155 m η = 7.5	x: 0.155 m η < 0.1	x: 0.155 m η = 2.8	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 2.108 m η = 12.1	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 12.1**
N96/N95	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 12.1	x: 0 m η = 13.3	x: 2.108 m η = 5.8	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.9	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.422 m η = 18.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 18.3**
N95/N94	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 14.8	x: 0 m η = 16.9	x: 1.054 m η = 3.9	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.2	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 1.054 m η = 20.2	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 20.2**
N94/N93	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 15.2	x: 0 m η = 17.8	x: 2.108 m η = 5.8	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 2.108 m η = 23.7	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 23.7**
N93/N25	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 13.8	x: 0 m η = 16.4	x: 2.108 m η = 18.4	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 4.2	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 2.108 m η = 35.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 35.3**
N24/N92	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 7.2	x: 0.155 m η = 8.5	x: 0.155 m η = 11.5	x: 0.155 m η < 0.1	x: 0.155 m η = 3.9	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.155 m η = 16.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 16.3**
N92/N91	$\bar{\lambda}$ < 2.0	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$	x: 2.108 m	x: 0 m η = 10.2	x: 2.108 m	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m	V_{Ed} = 0.00	η < 0.1	N.P.(4)	x: 2.108 m	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_yV_z	M_zV_y	NM_yM_z	$NM_yM_zV_yV_z$	M_t	M_tV_z	M_tV_y	
	Cumple	Cumple	η = 7.2		η = 8.2		η = 3.3	N.P.[3]			η = 14.8		N.P.[5]			**η = 14.8**
N91/N90	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 11.9	x: 0 m η = 13.8	x: 1.054 m η = 3.7	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.843 m η = 16.9	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 16.9**
N90/N89	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 13.9	x: 0 m η = 16.2	x: 2.108 m η = 7.9	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.7	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.108 m η = 22.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 22.8**
N89/N25	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 13.6	x: 0 m η = 16.0	x: 2.108 m η = 18.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 4.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.108 m η = 34.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 34.3**
N87/N81	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 6.6	η = 38.2	x: 0.16 m η = 9.8	x: 1.05 m η < 0.1	x: 0.16 m η = 1.8	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.383 m η < 0.1	x: 0.16 m η = 44.1	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 44.1**
N81/N80	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 7.1	η = 39.3	x: 0 m η = 6.3	x: 0 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.9	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0 m η = 42.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 42.5**
N80/N79	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 11.2	η = 54.7	x: 0 m η = 3.9	x: 0 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0 m η = 56.7	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 56.7**
N79/N78	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 12.8	η = 59.7	x: 0 m η = 1.9	x: 0 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0 m η = 60.9	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 60.9**
N78/N77	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 12.7	η = 44.1	x: 2.1 m η = 3.6	x: 0 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.1 m η = 46.0	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 46.0**
N77/N82	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 10.7	η = 36.5	x: 2.1 m η = 1.5	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0 m η = 0.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.1 m η = 36.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 36.8**
N82/N83	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 11.9	η = 42.6	x: 0 m η = 2.8	x: 2.1 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0 m η = 44.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 44.3**
N83/N84	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 10.9	η = 50.9	x: 2.1 m η = 2.9	x: 2.1 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.1 m η = 52.7	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 52.7**
N84/N85	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 8.9	η = 36.8	x: 2.1 m η = 4.8	x: 2.1 m η < 0.1	x: 0 m η = 0.6	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.1 m η = 39.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 39.8**
N85/N86	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 6.7	η = 35.2	x: 2.1 m η = 8.9	x: 2.1 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 1.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0 m η = 36.0	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 36.0**
N86/N88	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 12.1	η = 50.4	x: 0.89 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	x: 0.89 m η = 2.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0.89 m η = 58.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 58.3**
N82/N25	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.164 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.041 m η = 5.0	x: 0.164 m η = 8.0	x: 1.102 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.164 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.164 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.915 m η = 8.1	x: 0.164 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 8.1**
N82/N89	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.723 m η = 4.9	x: 0.169 m η = 8.0	x: 0.947 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.947 m η = 8.2	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 8.2**
N83/N89	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.703 m η = 4.3	x: 0.169 m η = 6.6	x: 0.937 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.937 m η = 6.8	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 6.8**
N83/N90	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.568 m η = 4.6	x: 0.176 m η = 6.8	x: 0.873 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.873 m η = 6.9	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 6.9**
N84/N90	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.544 m η = 6.2	x: 0.176 m η = 7.7	x: 0.861 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.861 m η = 7.9	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 7.9**
N84/N91	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.417 m η = 5.8	x: 0.187 m η = 9.3	x: 0.803 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.803 m η = 9.4	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 9.4**
N85/N91	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.388 m η = 11.9	x: 0.187 m η = 14.9	x: 0.789 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.789 m η = 15.1	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 15.1**
N85/N92	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.272 m η = 12.1	x: 0.202 m η = 18.1	x: 0.738 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.202 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.738 m η = 18.2	x: 0.202 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 18.2**
N86/N92	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.235 m η = 20.1	x: 0.202 m η = 22.2	x: 0.719 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.719 m η = 22.4	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 22.4**
N86/N24	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.131 m η = 16.3	x: 0.226 m η = 25.0	x: 1.133 m η = 5.2	x: 1.131 m η < 0.1	x: 0.226 m η = 0.5	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.453 m η < 0.1	x: 1.133 m η = 30.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 30.8**
N77/N25	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.164 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.041 m η = 6.1	x: 0.164 m η = 11.8	x: 1.102 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.164 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.164 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.915 m η = 12.0	x: 0.164 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 12.0**
N77/N93	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.723 m η = 7.2	x: 0.169 m η = 9.8	x: 0.947 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.947 m η = 10.1	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 10.1**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_yV_z	M_zV_y	NM_yM_z	$NM_yM_zV_yV_z$	M_t	M_tV_z	M_tV_y	
N78/N93	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.703 m η = 3.6	x: 0.169 m η = 6.0	x: 0.937 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.937 m η = 6.3	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 6.3**
N78/N94	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.568 m η = 4.1	x: 0.176 m η = 5.4	x: 0.873 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.873 m η = 5.5	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 5.5**
N79/N94	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.544 m η = 3.4	x: 0.176 m η = 6.2	x: 0.861 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.861 m η = 6.4	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 6.4**
N79/N95	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.417 m η = 4.7	x: 0.187 m η = 4.9	x: 0.803 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.803 m η = 5.0	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 5.0**
N80/N95	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.388 m η = 7.5	x: 0.187 m η = 11.0	x: 0.789 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.789 m η = 11.2	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 11.2**
N80/N96	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.272 m η = 9.0	x: 0.202 m η = 11.3	x: 0.738 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.202 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.738 m η = 11.5	x: 0.202 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 11.5**
N81/N96	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.235 m η = 13.7	x: 0.202 m η = 17.0	x: 0.719 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.719 m η = 17.2	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 17.2**
N81/N22	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.131 m η = 14.0	x: 0.226 m η = 19.4	x: 1.133 m η = 3.3	x: 1.131 m η < 0.1	x: 1.133 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.453 m η < 0.1	x: 1.133 m η = 21.1	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 21.1**
N13/N232	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 6.608 m η = 2.4	x: 0 m η = 7.8	x: 0 m η = 33.7	x: 0 m η = 4.2	x: 0 m η = 8.2	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 34.7	η < 0.1	η < 0.1	η = 3.8	η < 0.1	**CUMPLE η = 34.7**
N232/N128	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.5 m η = 2.5	x: 0.14 m η = 2.3	x: 1.5 m η = 27.6	x: 0.14 m η = 1.0	x: 1.5 m η = 4.6	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.5 m η = 30.2	η < 0.1	η < 0.1	η = 3.8	η < 0.1	**CUMPLE η = 30.2**
N128/N14	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 0.687 m η = 2.4	x: 0 m η = 2.0	x: 0 m η = 27.6	x: 0 m η = 0.4	x: 0.689 m η = 22.8	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 30.0	η < 0.1	η < 0.1	η = 16.3	η < 0.1	**CUMPLE η = 30.0**
N11/N221	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 6.608 m η = 1.8	x: 0 m η = 8.9	x: 0 m η = 34.8	x: 0 m η = 4.2	x: 0 m η = 9.2	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 36.4	η < 0.1	η < 0.1	η = 1.0	η < 0.1	**CUMPLE η = 36.4**
N221/N127	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.5 m η = 1.9	x: 0.14 m η = 2.1	x: 1.5 m η = 18.1	x: 0.14 m η = 1.0	x: 1.5 m η = 4.6	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.5 m η = 18.5	η < 0.1	η < 0.1	η = 3.8	η < 0.1	**CUMPLE η = 18.5**
N127/N12	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 0.687 m η = 2.0	x: 0 m η = 1.9	x: 0 m η = 18.1	x: 0 m η = 0.4	x: 0.689 m η = 16.7	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 18.4	η < 0.1	η < 0.1	η = 0.4	η < 0.1	**CUMPLE η = 18.4**
N12/N136	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 7.1	x: 0.155 m η = 8.0	x: 0.155 m η = 7.5	x: 0.155 m η < 0.1	x: 0.155 m η = 2.8	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 2.108 m η = 12.1	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 12.1**
N136/N135	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 12.1	x: 0 m η = 13.3	x: 2.108 m η = 5.8	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.9	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.422 m η = 18.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 18.3**
N135/N134	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 14.8	x: 0 m η = 16.9	x: 1.054 m η = 3.9	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.2	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 1.054 m η = 20.2	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 20.2**
N134/N133	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 15.2	x: 0 m η = 17.8	x: 2.108 m η = 5.8	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 2.108 m η = 23.7	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 23.7**
N133/N15	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 13.8	x: 0 m η = 16.4	x: 2.108 m η = 18.4	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 4.2	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 2.108 m η = 35.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 35.3**
N14/N132	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 7.2	x: 0.155 m η = 8.5	x: 0.155 m η = 11.5	x: 0.155 m η < 0.1	x: 0.155 m η = 3.9	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.155 m η = 16.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 16.3**
N132/N131	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 7.2	x: 0 m η = 10.2	x: 2.108 m η = 8.2	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 3.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 2.108 m η = 14.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 14.8**
N131/N130	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 11.9	x: 0 m η = 13.8	x: 1.054 m η = 3.7	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.843 m η = 16.9	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 16.9**
N130/N129	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 13.9	x: 0 m η = 16.2	x: 2.108 m η = 7.9	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.7	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 2.108 m η = 22.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 22.8**
N129/N15	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 13.6	x: 0 m η = 16.0	x: 2.108 m η = 18.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 4.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 2.108 m η = 34.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 34.3**
N127/N121	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 6.6	η = 38.2	x: 0.16 m η = 9.8	x: 1.05 m η < 0.1	x: 0.16 m η = 1.8	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.383 m η < 0.1	x: 0.16 m η = 44.1	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 44.1**
N121/N120	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 7.1	η = 39.3	x: 0 m η = 6.3	x: 0 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.9	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 0 m η = 42.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 42.5**
N120/N119	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 11.2	η = 54.7	x: 0 m η = 3.9	x: 0 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 0 m η = 56.7	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 56.7**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_yV_z	M_zV_y	NM_yM_z	$NM_yM_zV_yV_z$	M_t	M_tV_z	M_tV_y	
N119/N118	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 12.8	η = 59.7	x: 0 m η = 1.9	x: 0 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 0 m η = 60.9	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 60.9**
N118/N117	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 12.7	η = 44.1	x: 2.1 m η = 3.6	x: 0 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 2.1 m η = 46.0	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 46.0**
N117/N122	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 10.7	η = 36.5	x: 2.1 m η = 1.5	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0 m η = 0.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 2.1 m η = 36.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 36.8**
N122/N123	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 11.9	η = 42.6	x: 0 m η = 2.8	x: 2.1 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 0 m η = 44.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 44.3**
N123/N124	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 10.9	η = 50.9	x: 2.1 m η = 2.9	x: 2.1 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 2.1 m η = 52.7	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 52.7**
N124/N125	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 8.9	η = 36.8	x: 2.1 m η = 4.8	x: 2.1 m η < 0.1	x: 0 m η = 0.6	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 2.1 m η = 39.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 39.8**
N125/N126	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 6.7	η = 35.2	x: 2.1 m η = 8.9	x: 2.1 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 1.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 0 m η = 36.0	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 36.0**
N126/N128	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 12.1	η = 50.4	x: 0.89 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	x: 0.89 m η = 2.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0.89 m η = 58.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 58.3**
N122/N15	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.164 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.041 m η = 5.0	x: 0.164 m η = 8.0	x: 1.102 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.164 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.164 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.915 m η = 8.1	x: 0.164 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 8.1**
N122/N129	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.723 m η = 4.9	x: 0.169 m η = 8.0	x: 0.947 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.947 m η = 8.2	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 8.2**
N123/N129	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.703 m η = 4.3	x: 0.169 m η = 6.6	x: 0.937 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.937 m η = 6.8	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 6.8**
N123/N130	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.568 m η = 4.6	x: 0.176 m η = 6.8	x: 0.873 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.873 m η = 6.9	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 6.9**
N124/N130	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.544 m η = 6.2	x: 0.176 m η = 7.7	x: 0.861 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.861 m η = 7.9	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 7.9**
N124/N131	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.417 m η = 5.8	x: 0.187 m η = 9.3	x: 0.803 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.803 m η = 9.4	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 9.4**
N125/N131	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.388 m η = 11.9	x: 0.187 m η = 14.9	x: 0.789 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.789 m η = 15.1	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 15.1**
N125/N132	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.272 m η = 12.1	x: 0.202 m η = 18.1	x: 0.738 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.202 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.738 m η = 18.2	x: 0.202 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 18.2**
N126/N132	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.235 m η = 20.1	x: 0.202 m η = 22.2	x: 0.719 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.719 m η = 22.4	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 22.4**
N126/N14	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.131 m η = 16.3	x: 0.226 m η = 25.0	x: 1.133 m η = 5.2	x: 1.131 m η < 0.1	x: 0.226 m η = 0.5	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.453 m η < 0.1	x: 1.133 m η = 30.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 30.8**
N117/N15	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.164 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.041 m η = 6.1	x: 0.164 m η = 11.8	x: 1.102 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.164 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.164 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.915 m η = 12.0	x: 0.164 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 12.0**
N117/N133	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.723 m η = 7.2	x: 0.169 m η = 9.8	x: 0.947 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.947 m η = 10.1	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 10.1**
N118/N133	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.703 m η = 3.6	x: 0.169 m η = 6.0	x: 0.937 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.937 m η = 6.3	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 6.3**
N118/N134	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.568 m η = 4.1	x: 0.176 m η = 5.4	x: 0.873 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.873 m η = 5.5	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 5.5**
N119/N134	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.544 m η = 3.4	x: 0.176 m η = 6.2	x: 0.861 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.861 m η = 6.4	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 6.4**
N119/N135	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.417 m η = 4.7	x: 0.187 m η = 4.9	x: 0.803 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.803 m η = 5.0	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 5.0**
N120/N135	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.388 m η = 7.5	x: 0.187 m η = 11.0	x: 0.789 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.789 m η = 11.2	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 11.2**
N120/N136	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.272 m η = 9.0	x: 0.202 m η = 11.3	x: 0.738 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.202 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.738 m η = 11.5	x: 0.202 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 11.5**
N121/N136	$\bar{\lambda}$ < 2.0	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$	x: 1.235 m	x: 0.202 m	x: 0.719 m	M_{Ed} = 0.00	x: 0.202 m	V_{Ed} = 0.00	η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.719 m	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_yV_z	M_zV_y	NM_yM_z	$NM_yM_zV_yV_z$	M_t	M_tV_z	M_tV_y	
	Cumple	Cumple	η = 13.7	η = 17.0	η = 0.2	N.P.[2]	η = 0.1	N.P.[3]			η = 17.2		N.P.[5]			**η = 17.2**
N121/N12	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.131 m η = 14.0	x: 0.226 m η = 19.4	x: 1.133 m η = 3.3	x: 1.131 m η < 0.1	x: 1.133 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.453 m η < 0.1	x: 1.133 m η = 21.1	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 21.1**
N18/N234	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 6.608 m η = 2.4	x: 0 m η = 7.8	x: 0 m η = 33.7	x: 0 m η = 4.0	x: 0 m η = 8.2	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 34.5	η < 0.1	η < 0.1	η = 3.8	η < 0.1	**CUMPLE η = 34.5**
N234/N108	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.5 m η = 2.5	x: 0.14 m η = 2.3	x: 1.5 m η = 27.6	x: 0.14 m η = 1.0	x: 0.14 m η = 4.2	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.5 m η = 30.2	η < 0.1	η < 0.1	η = 3.8	η < 0.1	**CUMPLE η = 30.2**
N108/N19	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 0.687 m η = 2.4	x: 0 m η = 2.0	x: 0 m η = 27.6	x: 0 m η = 0.4	x: 0.689 m η = 22.8	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 30.0	η < 0.1	η < 0.1	η = 16.3	η < 0.1	**CUMPLE η = 30.0**
N16/N219	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 6.608 m η = 1.8	x: 0 m η = 8.9	x: 0 m η = 34.8	x: 0 m η = 4.1	x: 0 m η = 9.2	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 36.2	η < 0.1	η < 0.1	η = 1.0	η < 0.1	**CUMPLE η = 36.2**
N219/N107	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.5 m η = 1.9	x: 0.14 m η = 2.1	x: 1.5 m η = 18.1	x: 0.14 m η = 1.0	η = 3.8	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.5 m η = 18.5	η < 0.1	η < 0.1	η = 3.8	η < 0.1	**CUMPLE η = 18.5**
N107/N17	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 0.687 m η = 2.0	x: 0 m η = 1.9	x: 0 m η = 18.1	x: 0 m η = 0.4	x: 0.689 m η = 16.7	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 18.4	η < 0.1	η < 0.1	η = 0.4	η < 0.1	**CUMPLE η = 18.4**
N17/N116	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 7.1	x: 0.155 m η = 8.0	x: 0.155 m η = 7.5	x: 0.155 m η < 0.1	x: 0.155 m η = 2.8	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.108 m η = 12.1	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 12.1**
N116/N115	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 12.1	x: 0 m η = 13.3	x: 2.108 m η = 5.8	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.9	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.422 m η = 18.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 18.3**
N115/N114	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 14.8	x: 0 m η = 16.9	x: 1.054 m η = 3.9	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.2	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 1.054 m η = 20.2	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 20.2**
N114/N113	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 15.2	x: 0 m η = 17.8	x: 2.108 m η = 5.8	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.108 m η = 23.7	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 23.7**
N113/N20	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 13.8	x: 0 m η = 16.4	x: 2.108 m η = 18.4	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 4.2	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.108 m η = 35.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 35.3**
N19/N112	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 7.2	x: 0.155 m η = 8.5	x: 0.155 m η = 11.5	x: 0.155 m η < 0.1	x: 0.155 m η = 3.9	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.155 m η = 16.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 16.3**
N112/N111	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 7.2	x: 0 m η = 10.2	x: 2.108 m η = 8.2	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 3.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.108 m η = 14.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 14.8**
N111/N110	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 11.9	x: 0 m η = 13.8	x: 1.054 m η = 3.7	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.843 m η = 16.9	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 16.9**
N110/N109	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 13.9	x: 0 m η = 16.2	x: 2.108 m η = 7.9	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.7	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.108 m η = 22.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 22.8**
N109/N20	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 13.6	x: 0 m η = 16.0	x: 2.108 m η = 18.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 4.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.108 m η = 34.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 34.3**
N107/N101	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 6.6	η = 38.2	x: 0.16 m η = 9.8	x: 1.05 m η < 0.1	x: 0.16 m η = 1.8	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.383 m η < 0.1	x: 0.16 m η = 44.1	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 44.1**
N101/N100	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 7.1	η = 39.3	x: 0 m η = 6.3	x: 0 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.9	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0 m η = 42.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 42.5**
N100/N99	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 11.2	η = 54.7	x: 0 m η = 3.9	x: 0 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0 m η = 56.7	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 56.7**
N99/N98	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 12.8	η = 59.7	x: 0 m η = 1.9	x: 0 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0 m η = 60.9	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 60.9**
N98/N97	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 12.7	η = 44.1	x: 2.1 m η = 3.6	x: 0 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.1 m η = 46.0	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 46.0**
N97/N102	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 10.7	η = 36.5	x: 2.1 m η = 1.5	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0 m η = 0.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.1 m η = 36.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 36.8**
N102/N103	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 11.9	η = 42.6	x: 0 m η = 2.8	x: 2.1 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0 m η = 44.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 44.3**
N103/N104	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 10.9	η = 50.9	x: 2.1 m η = 2.9	x: 2.1 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.1 m η = 52.7	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 52.7**
N104/N105	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 8.9	η = 36.8	x: 2.1 m η = 4.8	x: 2.1 m η < 0.1	x: 0 m η = 0.6	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.1 m η = 39.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 39.8**
N105/N106	$\bar{\lambda}$ < 2.0	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$	η = 6.7	η = 35.2	x: 2.1 m η = 8.9	x: 2.1 m η < 0.1	x: 2.1 m η = 1.3	V_{Ed} = 0.00	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0 m η = 36.0	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_yV_z	M_zV_y	NM_yM_z	$NM_yM_zV_yV_z$	M_t	M_tV_z	M_tV_y	
	Cumple	Cumple						N.P.[3]					N.P.[5]			**η = 36.0**
N106/N108	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 12.1	η = 50.4	x: 0.89 m η = 14.8	x: 0 m η < 0.1	x: 0.89 m η = 2.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 0.89 m η = 58.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 58.3**
N102/N20	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.164 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.041 m η = 5.0	x: 0.164 m η = 8.0	x: 1.102 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.164 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.164 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.915 m η = 8.1	x: 0.164 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 8.1**
N102/N109	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.723 m η = 4.9	x: 0.169 m η = 8.0	x: 0.947 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.947 m η = 8.2	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 8.2**
N103/N109	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.703 m η = 4.3	x: 0.169 m η = 6.6	x: 0.937 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.937 m η = 6.8	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 6.8**
N103/N110	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.568 m η = 4.6	x: 0.176 m η = 6.8	x: 0.873 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.873 m η = 6.9	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 6.9**
N104/N110	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.544 m η = 6.2	x: 0.176 m η = 7.7	x: 0.861 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.861 m η = 7.9	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 7.9**
N104/N111	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.417 m η = 5.8	x: 0.187 m η = 9.3	x: 0.803 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.803 m η = 9.4	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 9.4**
N105/N111	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.388 m η = 11.9	x: 0.187 m η = 14.9	x: 0.789 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.789 m η = 15.1	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 15.1**
N105/N112	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.272 m η = 12.1	x: 0.202 m η = 18.1	x: 0.738 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.202 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.738 m η = 18.2	x: 0.202 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 18.2**
N106/N112	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.235 m η = 20.1	x: 0.202 m η = 22.2	x: 0.719 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.719 m η = 22.4	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 22.4**
N106/N19	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.131 m η = 16.3	x: 0.226 m η = 25.0	x: 1.133 m η = 5.2	x: 1.131 m η < 0.1	x: 0.226 m η = 0.5	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.453 m η < 0.1	x: 1.133 m η = 30.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 30.8**
N97/N20	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.164 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.041 m η = 6.1	x: 0.164 m η = 11.8	x: 1.102 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.164 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.164 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.915 m η = 12.0	x: 0.164 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 12.0**
N97/N113	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.723 m η = 7.2	x: 0.169 m η = 9.8	x: 0.947 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.947 m η = 10.1	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 10.1**
N98/N113	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.703 m η = 3.6	x: 0.169 m η = 6.0	x: 0.937 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.937 m η = 6.3	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 6.3**
N98/N114	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.568 m η = 4.1	x: 0.176 m η = 5.4	x: 0.873 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.873 m η = 5.5	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 5.5**
N99/N114	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.544 m η = 3.4	x: 0.176 m η = 6.2	x: 0.861 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.861 m η = 6.4	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 6.4**
N99/N115	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.417 m η = 4.7	x: 0.187 m η = 4.9	x: 0.803 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.803 m η = 5.0	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 5.0**
N100/N115	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.388 m η = 7.5	x: 0.187 m η = 11.0	x: 0.789 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.789 m η = 11.2	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 11.2**
N100/N116	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.272 m η = 9.0	x: 0.202 m η = 11.3	x: 0.738 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.202 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.738 m η = 11.5	x: 0.202 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 11.5**
N101/N116	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.235 m η = 13.7	x: 0.202 m η = 17.0	x: 0.719 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.719 m η = 17.2	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 17.2**
N101/N17	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.131 m η = 14.0	x: 0.226 m η = 19.4	x: 1.133 m η = 3.3	x: 1.131 m η < 0.1	x: 1.133 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.453 m η < 0.1	x: 1.133 m η = 21.1	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 21.1**
N8/N211	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.938 m η = 2.5	x: 0 m η = 6.9	x: 0 m η = 35.7	x: 0 m η = 14.6	x: 0 m η = 8.5	η = 0.7	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 46.5	η < 0.1	η = 0.2	η = 3.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 46.5**
N211/N230	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 3.608 m η = 2.6	x: 0.06 m η = 7.4	x: 3.61 m η = 18.9	x: 0.06 m η = 4.5	x: 0.06 m η = 5.7	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.61 m η = 25.1	η < 0.1	η = 0.3	η = 3.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 25.1**
N230/N138	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.5 m η = 2.7	x: 0.14 m η = 2.4	x: 1.5 m η = 28.3	x: 0.14 m η = 2.0	x: 1.5 m η = 5.1	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.5 m η = 32.1	η < 0.1	η = 0.3	η = 0.7	η < 0.1	**CUMPLE η = 32.1**
N138/N9	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 0.687 m η = 2.6	x: 0 m η = 2.1	x: 0 m η = 28.3	x: 0 m η = 1.1	x: 0.689 m η = 23.9	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 32.0	η < 0.1	η = 0.3	η = 3.0	η < 0.1	**CUMPLE η = 32.0**
N6/N208	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 3 m η = 1.8	x: 0 m η = 7.8	x: 0 m η = 36.6	x: 0 m η = 14.6	x: 0 m η = 9.5	η = 0.7	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 44.1	η < 0.1	η = 0.3	η = 0.3	η < 0.1	**CUMPLE η = 44.1**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_yV_z	M_zV_y	NM_yM_z	$NM_yM_zV_yV_z$	M_t	M_tV_z	M_tV_y	
N208/N222	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 3.608 m η = 1.9	x: 0 m η = 8.4	x: 3.61 m η = 15.0	x: 0 m η = 3.2	x: 0 m η = 5.7	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.61 m η = 17.8	η < 0.1	η = 0.3	η = 0.3	η < 0.1	**CUMPLE η = 17.8**
N222/N137	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.5 m η = 2.0	x: 0.14 m η = 2.0	x: 1.5 m η = 19.7	x: 0.14 m η = 1.5	x: 1.5 m η = 5.1	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.5 m η = 20.6	η < 0.1	η = 0.3	η = 3.1	η < 0.1	**CUMPLE η = 20.6**
N137/N7	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 0.687 m η = 2.1	x: 0 m η = 1.9	x: 0 m η = 19.7	x: 0 m η = 0.9	x: 0.689 m η = 18.2	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 20.3	η < 0.1	η = 0.3	η = 2.7	η < 0.1	**CUMPLE η = 20.3**
N7/N146	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 6.4	x: 0.155 m η = 10.3	x: 0.155 m η = 8.3	x: 0.155 m η = 0.4	x: 0.155 m η = 3.1	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.155 m η = 14.6	η < 0.1	η = 0.8	x: 2.108 m η = 0.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 14.6**
N146/N144	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 10.9	x: 0 m η = 14.6	x: 2.108 m η = 5.9	x: 2.108 m η = 0.5	x: 2.108 m η = 2.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.632 m η = 19.4	η < 0.1	η = 0.8	x: 2.108 m η = 0.8	η < 0.1	**CUMPLE η = 19.4**
N144/N209	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.054 m η = 13.7	x: 0 m η = 16.7	x: 1.054 m η = 3.7	x: 1.054 m η = 0.8	x: 0 m η = 2.1	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.054 m η = 18.8	η < 0.1	η = 0.8	x: 0 m η = 0.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 18.8**
N209/N142	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.054 m η = 13.0	x: 0 m η = 16.8	x: 0 m η = 3.7	x: 0 m η = 0.8	x: 1.054 m η = 2.2	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 19.0	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.054 m η = 0.9	η < 0.1	**CUMPLE η = 19.0**
N142/N140	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 13.5	x: 0 m η = 18.4	x: 2.108 m η = 5.5	x: 0 m η = 0.6	x: 2.108 m η = 2.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.108 m η = 24.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.108 m η = 1.0	η < 0.1	**CUMPLE η = 24.2**
N140/N10	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 12.3	x: 0 m η = 16.8	x: 2.108 m η = 18.4	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 4.0	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 36.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 1.8	η < 0.1	**CUMPLE η = 36.1**
N9/N154	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 7.0	x: 0.155 m η = 11.6	x: 0.155 m η = 12.3	x: 0.155 m η = 0.4	x: 0.155 m η = 4.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.155 m η = 20.2	η < 0.1	η = 1.0	x: 2.108 m η = 0.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 20.2**
N154/N152	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 6.5	x: 0 m η = 11.3	x: 2.108 m η = 8.3	x: 2.108 m η = 0.6	x: 2.108 m η = 3.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.632 m η = 14.8	η < 0.1	η = 1.0	x: 2.108 m η = 0.9	η < 0.1	**CUMPLE η = 14.8**
N152/N210	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.054 m η = 10.6	x: 0 m η = 12.9	x: 0.878 m η = 3.6	x: 1.054 m η = 0.9	x: 0 m η = 1.8	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.878 m η = 15.1	η < 0.1	η = 1.0	x: 0 m η = 0.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 15.1**
N210/N150	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.054 m η = 9.8	x: 0 m η = 12.7	x: 1.054 m η = 3.7	x: 0 m η = 0.9	x: 1.054 m η = 2.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 14.8	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.054 m η = 1.7	η < 0.1	**CUMPLE η = 14.8**
N150/N148	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 12.2	x: 0 m η = 16.2	x: 2.108 m η = 7.7	x: 0 m η = 0.7	x: 2.108 m η = 2.7	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.108 m η = 23.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.1	η < 0.1	**CUMPLE η = 23.2**
N148/N10	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 12.0	x: 0 m η = 16.3	x: 2.108 m η = 17.6	x: 0 m η = 0.4	x: 0 m η = 4.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 34.8	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 3.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 34.8**
N137/N176	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 7.2	η = 41.8	x: 0.16 m η = 10.7	x: 1.05 m η = 0.5	x: 0.16 m η = 2.0	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.16 m η = 48.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.05 m η = 1.0	η < 0.1	**CUMPLE η = 48.4**
N176/N145	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 8.0	η = 44.3	x: 0 m η = 6.4	x: 2.1 m η = 0.5	x: 2.1 m η = 0.9	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 48.2	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 48.2**
N145/N143	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 12.2	η = 60.4	x: 0 m η = 4.1	x: 2.1 m η = 0.5	x: 2.1 m η = 0.5	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 63.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 63.3**
N143/N141	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 13.4	η = 65.8	x: 0 m η = 2.0	x: 2.1 m η = 0.5	x: 2.1 m η = 0.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 67.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 67.8**
N141/N139	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 13.1	η = 49.4	x: 2.1 m η = 3.4	x: 2.1 m η = 0.5	x: 0 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.1 m η = 51.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 51.8**
N139/N147	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 10.8	η = 42.5	x: 2.1 m η = 1.6	x: 2.1 m η = 0.5	x: 0 m η = 0.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.1 m η = 43.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 43.5**
N147/N149	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 11.9	η = 47.6	x: 0 m η = 2.5	x: 2.1 m η = 0.5	x: 2.1 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 49.9	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 49.9**
N149/N151	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 10.8	η = 56.3	x: 2.1 m η = 3.1	x: 2.1 m η = 0.5	x: 2.1 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.1 m η = 59.0	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 59.0**
N151/N153	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 8.8	η = 40.8	x: 2.1 m η = 5.0	x: 2.1 m η = 0.5	x: 0 m η = 0.7	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.1 m η = 44.6	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 44.6**
N153/N155	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 6.9	η = 39.2	x: 2.1 m η = 9.2	x: 2.1 m η = 0.5	x: 2.1 m η = 1.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 40.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 40.5**
N155/N138	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 12.7	η = 54.0	x: 0.89 m η = 15.2	x: 0 m η = 0.5	x: 0.89 m η = 2.3	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.89 m η = 62.5	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.89 m η = 1.4	η < 0.1	**CUMPLE η = 62.5**
N147/N10	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.164 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$	x: 2.041 m η = 5.5	x: 0.164 m η = 7.7	x: 1.102 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.164 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.164 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.915 m η = 7.8	x: 0.164 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 7.8**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_yV_z	M_zV_y	NM_yM_z	$NM_yM_zV_yV_z$	M_t	M_tV_z	M_tV_y	
		Cumple														
N147/N148	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.723 m η = 4.7	x: 0.169 m η = 8.8	x: 0.947 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.947 m η = 9.1	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 9.1**
N149/N148	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.703 m η = 4.9	x: 0.169 m η = 6.6	x: 0.937 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.937 m η = 6.8	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 6.8**
N149/N150	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.568 m η = 4.6	x: 0.176 m η = 7.7	x: 0.873 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.873 m η = 7.9	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 7.9**
N151/N150	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.544 m η = 6.9	x: 0.176 m η = 8.7	x: 0.861 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.861 m η = 8.9	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 8.9**
N151/N152	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.417 m η = 6.5	x: 0.187 m η = 10.4	x: 0.803 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.803 m η = 10.5	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 10.5**
N153/N152	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.388 m η = 12.6	x: 0.187 m η = 16.3	x: 0.789 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.789 m η = 16.5	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 16.5**
N153/N154	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.272 m η = 13.2	x: 0.202 m η = 19.1	x: 0.738 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.202 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.738 m η = 19.3	x: 0.202 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 19.3**
N155/N154	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.235 m η = 21.1	x: 0.202 m η = 23.8	x: 0.719 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.719 m η = 24.0	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 24.0**
N155/N9	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.131 m η = 17.1	x: 0.226 m η = 26.6	x: 1.133 m η = 5.4	x: 1.133 m η = 2.4	x: 0.226 m η = 0.5	η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.133 m η = 34.1	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 34.1**
N139/N10	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.164 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.041 m η = 6.5	x: 0.164 m η = 11.2	x: 1.102 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.164 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.164 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.915 m η = 11.4	x: 0.164 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 11.4**
N139/N140	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.723 m η = 6.9	x: 0.169 m η = 10.6	x: 0.947 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.947 m η = 10.8	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 10.8**
N141/N140	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.703 m η = 4.0	x: 0.169 m η = 5.9	x: 0.937 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.937 m η = 6.2	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 6.2**
N141/N142	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.568 m η = 4.1	x: 0.176 m η = 6.1	x: 0.873 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.873 m η = 6.2	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 6.2**
N143/N142	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.544 m η = 3.9	x: 0.176 m η = 6.2	x: 0.861 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.861 m η = 6.4	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 6.4**
N143/N144	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.417 m η = 4.7	x: 0.187 m η = 5.7	x: 0.803 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.803 m η = 5.9	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 5.9**
N145/N144	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.388 m η = 8.0	x: 0.187 m η = 11.2	x: 0.789 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.789 m η = 11.4	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 11.4**
N145/N146	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.272 m η = 9.2	x: 0.202 m η = 12.0	x: 0.738 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.202 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.738 m η = 12.1	x: 0.202 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 12.1**
N176/N146	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.235 m η = 14.3	x: 0.202 m η = 17.2	x: 0.719 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.719 m η = 17.4	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 17.4**
N176/N7	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.131 m η = 13.6	x: 0.226 m η = 20.4	x: 1.133 m η = 3.5	x: 1.133 m η = 2.2	x: 1.133 m η = 0.4	η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.133 m η = 23.7	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 23.7**
N33/N204	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.838 m η = 1.8	x: 0 m η = 9.1	x: 0 m η = 20.1	x: 0 m η = 12.1	x: 0 m η = 6.5	η = 0.6	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 26.2	η < 0.1	η = 0.3	η = 2.1	η < 0.1	**CUMPLE η = 26.2**
N204/N240	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 3.608 m η = 2.4	x: 0.16 m η = 7.4	x: 0.16 m η = 16.1	x: 0.16 m η = 3.6	η = 6.0	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.61 m η = 22.1	η < 0.1	η = 0.1	η = 6.0	η < 0.1	**CUMPLE η = 22.1**
N240/N157	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.5 m η = 2.5	x: 0.14 m η = 2.2	x: 1.5 m η = 25.2	x: 0.14 m η = 1.3	η = 6.0	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.5 m η = 28.1	η < 0.1	η = 0.1	η = 6.0	η < 0.1	**CUMPLE η = 28.1**
N157/N34	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 0.687 m η = 2.4	x: 0 m η = 1.9	x: 0 m η = 25.2	x: 0 m η = 0.5	x: 0.689 m η = 20.3	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 28.0	η < 0.1	η = 0.1	η = 17.9	η < 0.1	**CUMPLE η = 28.0**
N31/N203	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.838 m η = 0.8	x: 0 m η = 10.0	x: 0 m η = 21.6	x: 0 m η = 12.1	x: 0 m η = 8.1	η = 0.6	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 28.9	η < 0.1	η = 0.3	η = 0.4	η < 0.1	**CUMPLE η = 28.9**
N203/N217	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 3.608 m η = 1.9	x: 0.16 m η = 8.5	x: 0.16 m η = 12.4	x: 0.16 m η = 2.6	x: 0.16 m η = 5.9	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 3.61 m η = 18.4	η < 0.1	η = 0.1	η = 3.2	η < 0.1	**CUMPLE η = 18.4**
N217/N156	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.5 m η = 1.9	x: 0.14 m η = 2.0	x: 1.5 m η = 15.8	x: 0.14 m η = 1.0	η = 6.0	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.5 m η = 17.0	η < 0.1	η = 0.1	η = 6.0	η < 0.1	**CUMPLE η = 17.0**
N156/N32	$\bar{\lambda}$ < 2.0	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$	x: 0.687 m	x: 0 m η = 1.9	x: 0 m η = 15.8	x: 0 m η = 0.4	x: 0.689 m	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 16.9	η < 0.1	η = 0.1	η = 5.0	η < 0.1	**CUMPLE**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_yV_z	M_zV_y	NM_yM_z	$NM_yM_zV_yV_z$	M_t	M_tV_z	M_tV_y	
	Cumple	Cumple	η = 2.0				η = 13.7									**η = 16.9**
N32/N174	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 5.5	x: 0.155 m η = 6.1	x: 0.155 m η = 7.1	x: 0.155 m η < 0.1	x: 0.155 m η = 2.8	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.108 m η = 10.7	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 10.7**
N174/N172	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 11.0	x: 0 m η = 11.4	x: 2.108 m η = 6.3	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 3.0	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.108 m η = 17.0	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 17.0**
N172/N170	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 14.0	x: 0 m η = 15.4	x: 1.054 m η = 3.8	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.2	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 1.054 m η = 18.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 18.5**
N170/N168	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 14.6	x: 0 m η = 16.5	x: 2.108 m η = 6.0	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.108 m η = 22.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 22.5**
N168/N35	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 13.5	x: 0 m η = 15.5	x: 2.108 m η = 18.0	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 4.2	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.108 m η = 33.2	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 33.2**
N34/N165	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 5.7	x: 0.155 m η = 6.5	x: 0.155 m η = 11.1	x: 0.155 m η < 0.1	x: 0.155 m η = 3.9	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.155 m η = 14.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 14.8**
N165/N163	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 7.1	x: 0 m η = 8.9	x: 2.108 m η = 7.9	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 3.2	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.108 m η = 15.0	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 15.0**
N163/N161	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 12.1	x: 0 m η = 12.9	x: 1.054 m η = 3.7	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.843 m η = 15.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 15.8**
N161/N159	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 13.9	x: 0 m η = 15.2	x: 2.108 m η = 7.8	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 2.7	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.108 m η = 21.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 21.8**
N159/N35	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 13.4	x: 0 m η = 15.1	x: 2.108 m η = 17.9	x: 0 m η < 0.1	x: 0 m η = 4.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.108 m η = 32.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 32.3**
N156/N175	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 5.7	η = 34.2	x: 0.16 m η = 9.1	x: 1.05 m η < 0.1	x: 0.16 m η = 1.5	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.16 m η = 39.7	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 39.7**
N175/N173	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 5.6	η = 32.4	x: 0 m η = 6.7	η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.9	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0 m η = 35.9	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 35.9**
N173/N171	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 9.0	η = 50.2	x: 0 m η = 4.0	η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0 m η = 52.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 52.3**
N171/N169	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 10.6	η = 55.7	x: 0 m η = 2.0	η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0 m η = 57.0	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 57.0**
N169/N167	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 10.8	η = 41.8	x: 2.1 m η = 3.4	η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.1 m η = 43.6	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 43.6**
N167/N158	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 8.9	η = 34.9	x: 2.1 m η = 1.4	η < 0.1	x: 0 m η = 0.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.1 m η = 35.2	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 35.2**
N158/N160	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 10.2	η = 41.4	x: 0 m η = 2.8	η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0 m η = 43.2	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 43.2**
N160/N162	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 9.4	η = 50.2	x: 2.1 m η = 2.8	η < 0.1	x: 2.1 m η = 0.4	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.1 m η = 52.0	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 52.0**
N162/N164	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 7.5	η = 37.2	x: 2.1 m η = 4.6	η < 0.1	x: 0 m η = 0.6	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.1 m η = 40.1	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 40.1**
N164/N166	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 5.2	η = 28.2	x: 2.1 m η = 8.6	η < 0.1	x: 2.1 m η = 1.3	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 2.1 m η = 28.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 28.8**
N166/N157	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 11.2	η = 49.3	x: 0.89 m η = 13.9	x: 0 m η < 0.1	x: 0.89 m η = 1.8	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.89 m η = 57.4	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 57.4**
N158/N35	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.164 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.041 m η = 4.5	x: 0.164 m η = 7.2	x: 1.102 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.164 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.164 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.915 m η = 7.3	x: 0.164 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 7.3**
N158/N159	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.723 m η = 4.4	x: 0.169 m η = 7.3	x: 0.947 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.947 m η = 7.5	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 7.5**
N160/N159	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.703 m η = 3.8	x: 0.169 m η = 5.8	x: 0.937 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.937 m η = 6.1	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 6.1**
N160/N161	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.568 m η = 4.1	x: 0.176 m η = 6.0	x: 0.873 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.873 m η = 6.2	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 6.2**
N162/N161	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.544 m η = 5.6	x: 0.176 m η = 7.7	x: 0.861 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.861 m η = 7.9	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 7.9**
N162/N1	$\bar{\lambda}$ <	$\lambda_w \leq$	x: 1.417	x: 0.187	x: 0.803	M_{Ed} =	x: 0.187	V_{Ed} =	x: 0.187	N.P.[4]	x: 0.803	x: 0.187	M_{Ed} =	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPL**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_yV_z	M_zV_y	NM_yM_z	$NM_yM_zV_yV_z$	M_t	M_tV_z	M_tV_y	
63	2.0 Cumple	$\lambda_{w,máx}$ Cumple	m η = 5.8	m η = 8.4	m η = 0.2	0.00 N.P.(2)	m η = 0.1	0.00 N.P.(3)	m η < 0.1		m η = 8.6	m η < 0.1	0.00 N.P.(5)			**E η = 8.6**
N164/N163	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.388 m η = 11.4	x: 0.187 m η = 15.0	x: 0.789 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.789 m η = 15.2	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 15.2**
N164/N165	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.272 m η = 12.2	x: 0.202 m η = 17.3	x: 0.738 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.202 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.738 m η = 17.4	x: 0.202 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 17.4**
N166/N165	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.235 m η = 19.4	x: 0.202 m η = 22.3	x: 0.719 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.719 m η = 22.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 22.5**
N166/N34	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.131 m η = 15.9	x: 0.226 m η = 24.4	x: 1.133 m η = 4.8	x: 1.133 m η = 0.1	x: 1.133 m η = 0.5	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.133 m η = 29.7	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 29.7**
N167/N35	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.164 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.041 m η = 5.6	x: 0.164 m η = 11.1	x: 1.102 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.164 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.164 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.915 m η = 11.2	x: 0.164 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 11.2**
N167/N168	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.723 m η = 6.8	x: 0.169 m η = 9.1	x: 0.947 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.947 m η = 9.4	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 9.4**
N169/N168	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.703 m η = 3.1	x: 0.169 m η = 5.3	x: 0.937 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.937 m η = 5.5	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 5.5**
N169/N170	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.568 m η = 3.6	x: 0.176 m η = 4.7	x: 0.873 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.873 m η = 4.8	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 4.8**
N171/N170	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.544 m η = 2.9	x: 0.176 m η = 5.8	x: 0.861 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.861 m η = 6.1	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 6.1**
N171/N172	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.417 m η = 4.4	x: 0.187 m η = 4.3	x: 0.803 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.803 m η = 4.6	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 4.6**
N173/N172	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.388 m η = 8.3	x: 0.187 m η = 11.3	x: 0.789 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.789 m η = 11.5	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 11.5**
N173/N174	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.272 m η = 9.3	x: 0.202 m η = 12.5	x: 0.738 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.202 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.738 m η = 12.6	x: 0.202 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 12.6**
N175/N174	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.235 m η = 14.6	x: 0.202 m η = 18.0	x: 0.719 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.719 m η = 18.2	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 18.2**
N175/N32	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.131 m η = 14.0	x: 0.226 m η = 19.9	x: 1.133 m η = 3.2	x: 1.133 m η = 0.1	x: 1.133 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.133 m η = 22.4	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 22.4**
N38/N200	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.838 m η = 1.4	x: 0 m η = 7.0	x: 0 m η = 21.6	x: 0 m η = 13.1	x: 0 m η = 7.9	η = 0.6	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 29.0	η < 0.1	η = 0.3	η = 4.2	η < 0.1	**CUMPLE η = 29.0**
N200/N188	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 5.25 m η = 2.6	x: 0.16 m η = 2.6	x: 5.25 m η = 23.8	x: 0.16 m η = 3.4	x: 0.16 m η = 5.5	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.25 m η = 27.3	η < 0.1	η = 0.5	x: 0.16 m η = 3.1	η < 0.1	**CUMPLE η = 27.3**
N188/N39	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 0.687 m η = 2.5	x: 0 m η = 1.9	x: 0 m η = 23.8	x: 0 m η = 0.9	x: 0.689 m η = 18.9	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 27.2	η < 0.1	η = 0.5	x: 0.689 m η = 4.9	η < 0.1	**CUMPLE η = 27.2**
N36/N197	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.838 m η = 0.3	x: 0 m η = 7.0	x: 0 m η = 23.1	x: 0 m η = 13.2	x: 0 m η = 9.6	η = 0.6	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 31.8	η < 0.1	η = 0.3	η = 4.1	η < 0.1	**CUMPLE η = 31.8**
N197/N187	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 5.25 m η = 2.1	x: 0.16 m η = 2.6	x: 5.25 m η = 16.1	x: 0.16 m η = 2.4	x: 0.16 m η = 5.5	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.25 m η = 18.4	η < 0.1	η = 0.5	η = 4.3	η < 0.1	**CUMPLE η = 18.4**
N187/N37	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 0.687 m η = 2.1	x: 0 m η = 2.0	x: 0 m η = 16.1	x: 0 m η = 0.8	x: 0.689 m η = 13.9	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 18.1	η < 0.1	η = 0.5	η = 13.0	η < 0.1	**CUMPLE η = 18.1**
N37/N196	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 4.4	x: 0.155 m η = 7.3	x: 0.155 m η = 7.5	x: 0.155 m η = 0.4	x: 0.155 m η = 3.1	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.155 m η = 11.9	η < 0.1	η = 0.8	x: 0.155 m η = 0.6	η < 0.1	**CUMPLE η = 11.9**
N196/N195	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 9.5	x: 0 m η = 11.3	x: 2.108 m η = 6.5	x: 2.108 m η = 0.5	x: 2.108 m η = 3.0	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.108 m η = 16.4	η < 0.1	η = 0.8	x: 2.108 m η = 0.9	η < 0.1	**CUMPLE η = 16.4**
N195/N205	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.054 m η = 12.9	x: 0 m η = 13.6	x: 1.054 m η = 3.6	x: 1.054 m η = 0.7	x: 0 m η = 2.1	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.054 m η = 17.1	η < 0.1	η = 0.8	x: 0 m η = 0.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 17.1**
N205/N194	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.054 m η = 12.1	x: 0 m η = 13.7	x: 0 m η = 3.6	x: 0 m η = 0.7	x: 1.054 m η = 2.2	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 16.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.054 m η = 0.6	η < 0.1	**CUMPLE η = 16.3**
N194/N193	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 13.0	x: 0 m η = 15.7	x: 2.108 m η = 6.0	x: 0 m η = 0.6	x: 2.108 m η = 2.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.108 m η = 21.9	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.108 m η = 0.6	η < 0.1	**CUMPLE η = 21.9**
N193/N40	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 12.1	x: 0 m η = 15.1	x: 2.108 m η = 16.6	x: 0 m η = 0.3	x: 0 m η = 4.0	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 32.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 1.0	η < 0.1	**CUMPLE η = 32.4**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N39/N192	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 4.8	x: 0.155 m η = 8.5	x: 0.155 m η = 11.5	x: 0.155 m η = 0.5	x: 0.155 m η = 4.2	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.155 m η = 17.2	η < 0.1	η = 1.0	x: 0.155 m η = 0.6	η < 0.1	**CUMPLE η = 17.2**
N192/N191	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 6.1	x: 0 m η = 9.5	x: 2.108 m η = 7.8	x: 2.108 m η = 0.7	x: 2.108 m η = 3.2	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.108 m η = 15.1	η < 0.1	η = 1.0	x: 2.108 m η = 0.9	η < 0.1	**CUMPLE η = 15.1**
N191/N206	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.054 m η = 11.2	x: 0 m η = 13.0	x: 0.878 m η = 3.7	x: 1.054 m η = 1.0	x: 0 m η = 1.9	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.878 m η = 15.7	η < 0.1	η = 1.0	x: 0 m η = 0.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 15.7**
N206/N190	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.054 m η = 10.5	x: 0 m η = 13.0	x: 0 m η = 3.6	x: 0 m η = 1.0	x: 1.054 m η = 2.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 15.0	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.054 m η = 0.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 15.0**
N190/N189	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 12.5	x: 0 m η = 15.7	x: 2.108 m η = 7.5	x: 0 m η = 0.8	x: 2.108 m η = 2.7	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.108 m η = 21.9	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.108 m η = 0.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 21.9**
N189/N40	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.108 m η = 12.1	x: 0 m η = 15.1	x: 2.108 m η = 16.5	x: 0 m η = 0.4	x: 0 m η = 4.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η < 0.1	x: 2.108 m η = 32.4	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 0.8	η < 0.1	**CUMPLE η = 32.4**
N187/N181	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 5.9	η = 35.8	x: 0.16 m η = 10.0	x: 1.05 m η = 0.5	x: 0.16 m η = 1.7	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.16 m η = 41.9	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.16 m η = 0.1	η = 0.1	**CUMPLE η = 41.9**
N181/N180	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 5.0	η = 36.1	x: 0 m η = 6.9	x: 2.1 m η = 0.5	x: 2.1 m η = 1.1	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 40.3	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 40.3**
N180/N179	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 8.6	η = 55.5	x: 0 m η = 4.3	x: 2.1 m η = 0.5	x: 2.1 m η = 0.5	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 58.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 58.5**
N179/N178	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 10.4	η = 62.4	x: 0 m η = 2.2	x: 2.1 m η = 0.5	x: 2.1 m η = 0.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 64.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 64.5**
N178/N177	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 11.1	η = 47.9	x: 2.1 m η = 3.2	x: 2.1 m η = 0.5	x: 0 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.1 m η = 50.2	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 50.2**
N177/N182	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 9.6	η = 41.9	x: 2.1 m η = 1.4	x: 2.1 m η = 0.5	x: 0 m η = 0.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.1 m η = 42.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 42.8**
N182/N183	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 11.1	η = 47.8	x: 0 m η = 2.7	x: 2.1 m η = 0.5	x: 2.1 m η = 0.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 50.2	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 50.2**
N183/N184	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 10.4	η = 57.8	x: 2.1 m η = 2.9	x: 2.1 m η = 0.5	x: 2.1 m η = 0.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.1 m η = 60.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 60.5**
N184/N185	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 7.9	η = 44.1	x: 2.1 m η = 4.8	x: 2.1 m η = 0.5	x: 2.1 m η = 0.6	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.1 m η = 47.9	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 47.9**
N185/N186	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 4.3	η = 30.3	x: 2.1 m η = 8.8	x: 2.1 m η = 0.6	x: 2.1 m η = 1.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.1 m η = 31.4	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 31.4**
N186/N188	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 10.3	η = 45.0	x: 0.89 m η = 13.0	x: 0 m η = 0.6	x: 0.89 m η = 1.9	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.89 m η = 52.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.89 m η = 0.1	η = 0.1	**CUMPLE η = 52.1**
N182/N40	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.164 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.041 m η = 4.8	x: 0.164 m η = 6.6	x: 1.102 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.164 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.164 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.915 m η = 6.7	x: 0.164 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 6.7**
N182/N189	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.723 m η = 4.0	x: 0.169 m η = 7.7	x: 0.947 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.947 m η = 7.9	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 7.9**
N183/N189	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.703 m η = 4.1	x: 0.169 m η = 5.5	x: 0.937 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.937 m η = 5.7	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 5.7**
N183/N190	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.568 m η = 3.9	x: 0.176 m η = 6.5	x: 0.873 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.873 m η = 6.7	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 6.7**
N184/N190	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.544 m η = 6.0	x: 0.176 m η = 6.9	x: 0.861 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.861 m η = 7.1	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 7.1**
N184/N191	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.417 m η = 5.2	x: 0.187 m η = 9.1	x: 0.803 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.803 m η = 9.2	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 9.2**
N185/N191	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.388 m η = 11.7	x: 0.187 m η = 13.6	x: 0.789 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.789 m η = 13.8	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 13.8**
N185/N192	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.272 m η = 11.1	x: 0.202 m η = 17.7	x: 0.738 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	x: 0.202 m η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.738 m η = 17.8	x: 0.202 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 17.8**
N186/N192	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.235 m η = 20.0	x: 0.202 m η = 20.7	x: 0.719 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	η < 0.1	N.P.(4)	x: 0.719 m η = 20.9	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 20.9**
N186/N39	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumpl	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.131 m η = 15.4	x: 0.226 m η = 25.6	x: 1.133 m η = 4.7	x: 1.133 m η = 2.5	x: 0.226 m η = 0.5	η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.133 m η = 32.4	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η =**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
	e															**32.4**
N177/N40	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.164 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 2.041 m η = 5.8	x: 0.164 m η = 10.2	x: 1.102 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.164 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.164 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.915 m η = 10.3	x: 0.164 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 10.3**
N177/N193	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.723 m η = 6.2	x: 0.169 m η = 9.4	x: 0.947 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.947 m η = 9.7	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 9.7**
N178/N193	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.703 m η = 3.3	x: 0.169 m η = 4.8	x: 0.937 m η = 0.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.169 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.169 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.937 m η = 5.0	x: 0.169 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 5.0**
N178/N194	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.568 m η = 3.3	x: 0.176 m η = 4.9	x: 0.873 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.873 m η = 5.1	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 5.1**
N179/N194	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.544 m η = 3.3	x: 0.176 m η = 6.4	x: 0.861 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.176 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.176 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.861 m η = 6.7	x: 0.176 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 6.7**
N179/N195	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.417 m η = 5.0	x: 0.187 m η = 5.2	x: 0.803 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.803 m η = 5.3	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 5.3**
N180/N195	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.388 m η = 9.0	x: 0.187 m η = 13.5	x: 0.789 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.187 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.187 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.789 m η = 13.7	x: 0.187 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 13.7**
N180/N196	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.272 m η = 11.1	x: 0.202 m η = 13.5	x: 0.738 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.202 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.738 m η = 13.6	x: 0.202 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 13.6**
N181/N196	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.235 m η = 15.5	x: 0.202 m η = 20.6	x: 0.719 m η = 0.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.202 m η = 0.1	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.719 m η = 20.8	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 20.8**
N181/N37	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	x: 1.131 m η = 15.4	x: 0.226 m η = 21.3	x: 1.133 m η = 3.7	x: 1.133 m η = 2.1	x: 1.133 m η = 0.4	η = 0.2	η < 0.1	η < 0.1	x: 1.133 m η = 25.2	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 25.2**
N203/N197	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.438 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 3.0	η = 18.4	x: 3.5 m η = 6.4	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.438 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 3.5 m η = 25.7	x: 0.438 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 25.7**
N197/N201	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.438 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 5.1	η = 71.0	x: 3.5 m η = 6.4	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.438 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 3.5 m η = 80.9	x: 0.438 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 80.9**
N204/N200	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.438 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 3.9	η = 18.3	x: 3.5 m η = 6.4	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.438 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 3.5 m η = 25.6	x: 0.438 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 25.6**
N200/N202	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.438 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 7.1	η = 70.9	x: 3.5 m η = 6.4	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.438 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 3.5 m η = 80.8	x: 0.438 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 80.8**
N205/N49	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.503 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η < 0.1	η = 26.5	x: 3.535 m η = 4.4	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.07 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.503 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 3.535 m η = 31.8	x: 0.503 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 31.8**
N40/N45	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.431 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.[1]	η = 17.5	x: 3.445 m η = 4.4	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 6.89 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.431 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 3.445 m η = 22.5	x: 0.431 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 22.5**
N206/N50	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.503 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η < 0.1	η = 26.5	x: 3.535 m η = 4.4	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.07 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.503 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 3.535 m η = 31.8	x: 0.503 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 31.8**
N207/N208	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.438 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 2.5	η = 32.1	x: 3.5 m η = 5.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.438 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 3.5 m η = 38.8	x: 0.438 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 38.8**
N53/N209	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.433 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η < 0.1	η = 22.0	x: 3.465 m η = 4.4	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 6.93 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.433 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 3.465 m η = 27.2	x: 0.433 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 27.2**
N5/N10	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.541 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.[1]	η = 14.6	x: 3.555 m η = 4.4	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.11 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.541 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 3.555 m η = 19.4	x: 0.541 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 19.4**
N55/N210	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	x: 0.433 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η < 0.1	η = 22.0	x: 3.465 m η = 4.4	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 6.93 m η = 0.5	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.433 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 3.465 m η = 27.2	x: 0.433 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 27.2**
N56/N211	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 3.5	η = 32.4	x: 6.85 m η = 12.5	x: 0.14 m η = 1.0	x: 6.85 m η = 1.0	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 6.85 m η = 48.5	η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 48.5**
N213/N214	$\bar{\lambda} \leq 3.0$ Cumple	x: 0.16 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 0.6	N_{Ed} = 0.00 N.P.[7]	x: 0.16 m η = 13.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.16 m η = 35.6	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.16 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.16 m η = 13.9	x: 0.16 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 35.6**
N215/N216	$\bar{\lambda} \leq 3.0$ Cumpl	x: 0.16 m $\lambda_w \leq$	η = 0.6	N_{Ed} = 0.00 N.P.[7]	x: 0.16 m η = 13.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.16 m η = 35.6	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.16 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.16 m η = 13.9	x: 0.16 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η =**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_yV_z	M_zV_y	NM_yM_z	$NM_yM_zV_yV_z$	M_t	M_tV_z	M_tV_y	
	e	$\lambda_{w,máx}$ Cumple														**35.6**
N217/N218	$\bar{\lambda} \leq$ 3.0 Cumple	x: 0.16 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 0.6	N_{Ed} = 0.00 N.P.[7]	x: 0.16 m η = 13.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.16 m η = 35.6	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.16 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.16 m η = 13.9	x: 0.16 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 35.6**
N219/N220	$\bar{\lambda} \leq$ 3.0 Cumple	x: 0.16 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 0.6	N_{Ed} = 0.00 N.P.[7]	x: 0.16 m η = 13.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.16 m η = 35.6	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.16 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.16 m η = 13.9	x: 0.16 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 35.6**
N222/N223	$\bar{\lambda} \leq$ 3.0 Cumple	x: 0.16 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 0.6	N_{Ed} = 0.00 N.P.[7]	x: 0.16 m η = 13.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.16 m η = 35.6	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.16 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.16 m η = 13.9	x: 0.16 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 35.6**
N224/N225	$\bar{\lambda} \leq$ 3.0 Cumple	x: 0.14 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 0.6	N_{Ed} = 0.00 N.P.[7]	x: 0.14 m η = 14.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.14 m η = 35.6	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.14 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.14 m η = 15.0	x: 0.14 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 35.6**
N221/N226	$\bar{\lambda} \leq$ 3.0 Cumple	x: 0.16 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 0.6	N_{Ed} = 0.00 N.P.[7]	x: 0.16 m η = 13.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.16 m η = 35.6	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.16 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.16 m η = 13.9	x: 0.16 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 35.6**
N227/N228	$\bar{\lambda} <$ 2.0 Cumple	x: 0.13 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.[1]	η = 0.6	x: 0.26 m η = 14.3	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.26 m η = 35.6	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.13 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.26 m η = 15.0	x: 0.13 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 35.6**
N229/N230	$\bar{\lambda} <$ 2.0 Cumple	x: 0.12 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.[1]	η = 0.6	x: 0.24 m η = 13.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.24 m η = 35.6	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.12 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.24 m η = 13.9	x: 0.12 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 35.6**
N231/N232	$\bar{\lambda} <$ 2.0 Cumple	x: 0.12 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.[1]	η = 0.6	x: 0.24 m η = 13.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.24 m η = 35.6	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.12 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.24 m η = 13.9	x: 0.12 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 35.6**
N233/N234	$\bar{\lambda} <$ 2.0 Cumple	x: 0.12 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.[1]	η = 0.6	x: 0.24 m η = 13.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.24 m η = 35.6	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.12 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.24 m η = 13.9	x: 0.12 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 35.6**
N235/N236	$\bar{\lambda} <$ 2.0 Cumple	x: 0.12 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.[1]	η = 0.6	x: 0.24 m η = 13.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.24 m η = 35.6	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.12 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.24 m η = 13.9	x: 0.12 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 35.6**
N237/N238	$\bar{\lambda} <$ 2.0 Cumple	x: 0.12 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.[1]	η = 0.6	x: 0.24 m η = 13.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.24 m η = 35.6	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.12 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.24 m η = 13.9	x: 0.12 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 35.6**
N239/N240	$\bar{\lambda} <$ 2.0 Cumple	x: 0.12 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.[1]	η = 0.6	x: 0.24 m η = 13.2	M_{Ed} = 0.00 N.P.[2]	x: 0.24 m η = 35.6	V_{Ed} = 0.00 N.P.[3]	x: 0.12 m η < 0.1	N.P.[4]	x: 0.24 m η = 13.9	x: 0.12 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.[5]	N.P.[6]	N.P.[6]	**CUMPLE η = 35.6**
N201/N241	$\bar{\lambda} <$ 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 1.2	η = 1.8	x: 5.14 m η = 32.4	x: 5.14 m η = 2.5	x: 5.14 m η = 16.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.14 m η = 33.4	η < 0.1	η = 1.2	x: 5.14 m η = 8.7	η < 0.1	**CUMPLE η = 33.4**
N241/N242	$\bar{\lambda} <$ 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 1.2	η = 1.3	x: 0.11 m η = 31.7	x: 0.11 m η = 2.4	x: 0.11 m η = 15.8	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.11 m η = 32.6	η < 0.1	η = 0.3	x: 0.11 m η = 8.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 32.6**
N242/N243	$\bar{\lambda} <$ 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 1.2	η = 1.1	x: 5.14 m η = 31.7	x: 5.14 m η = 2.8	x: 5.14 m η = 15.8	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.14 m η = 32.6	η < 0.1	η = 0.3	x: 5.14 m η = 8.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 32.6**
N243/N202	$\bar{\lambda} <$ 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 1.2	η = 1.4	x: 0.11 m η = 32.4	x: 0.11 m η = 2.9	x: 0.11 m η = 16.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.11 m η = 33.4	η < 0.1	η = 1.2	x: 0.11 m η = 8.7	η < 0.1	**CUMPLE η = 33.4**
N244/N200	$\bar{\lambda} <$ 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 1.0	η = 2.4	x: 0.07 m η = 62.4	x: 0.07 m η = 0.5	x: 0.07 m η = 31.2	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.07 m η = 63.4	η < 0.1	η = 0.3	x: 0.07 m η = 16.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 63.4**
N199/N244	$\bar{\lambda} <$ 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 1.0	η = 1.9	x: 5.18 m η = 62.4	x: 5.18 m η = 0.5	x: 0.07 m η = 31.0	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.18 m η = 63.4	η < 0.1	η = 0.1	x: 0.07 m η = 16.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 63.4**
N198/N199	$\bar{\lambda} <$ 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 1.0	η = 2.0	x: 5.18 m η = 62.4	x: 0.07 m η = 0.5	x: 5.18 m η = 31.0	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.07 m η = 63.4	η < 0.1	η = 0.1	x: 5.18 m η = 16.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 63.4**
N197/N198	$\bar{\lambda} <$ 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 1.0	η = 2.4	x: 5.18 m η = 62.4	x: 5.18 m η = 0.5	x: 5.18 m η = 31.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.18 m η = 63.5	η < 0.1	η = 0.3	x: 5.18 m η = 16.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 63.5**
N203/N245	$\bar{\lambda} <$ 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 1.3	η = 2.1	x: 0.16 m η = 34.1	x: 5.18 m η = 0.5	x: 5.18 m η = 16.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.18 m η = 34.8	η < 0.1	η = 0.3	x: 0.16 m η = 8.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 34.8**
N245/N246	$\bar{\lambda} <$ 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 1.3	η = 1.7	x: 5.18 m η = 32.5	x: 0.07 m η = 0.5	x: 5.18 m η = 15.7	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 5.18 m η = 33.7	η < 0.1	η = 0.1	x: 5.18 m η = 8.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 33.7**
N246/N212	$\bar{\lambda} <$ 2.0 Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 1.3	η = 1.6	x: 0.07 m η = 31.1	x: 5.18 m η = 0.5	x: 0.07 m η = 15.7	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.07 m η = 32.3	η < 0.1	η = 0.1	x: 0.07 m η = 8.5	η < 0.1	**CUMPLE η = 32.3**
N212/N204	$\bar{\lambda} <$ 2.0 Cumpl	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	η = 1.5	η = 2.1	x: 5.09 m η = 37.5	x: 0.07 m η = 0.5	x: 5.09 m η = 16.7	η < 0.1	η < 0.1	x: 0.07 m η < 0.1	x: 5.09 m η = 39.0	η < 0.1	η = 0.3	x: 5.09 m η = 8.6	η < 0.1	**CUMPLE η =**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
	e															**39.0**
N247/N245	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	x: 0 m η = 21.7	x: 2.84 m η = 20.2	x: 0 m η = 0.7	η = 4.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.84 m η = 30.9	η < 0.1	η = 0.1	η = 0.1	η < 0.1	**CUMPLE η = 30.9**
N248/N246	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	x: 0 m η = 21.3	x: 0 m η = 15.4	x: 0 m η = 0.5	η = 3.4	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 25.1	η < 0.1	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 25.1**
N249/N198	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	x: 0 m η = 42.0	x: 2.84 m η = 20.3	x: 0 m η = 0.9	η = 4.5	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 42.1	η < 0.1	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	**CUMPLE η = 42.1**
N250/N199	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	x: 0 m η = 41.8	x: 0 m η = 15.4	x: 0 m η = 0.5	η = 3.3	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 41.9	η < 0.1	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 41.9**
N251/N244	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	x: 0 m η = 42.0	x: 2.84 m η = 20.5	x: 0 m η = 0.9	η = 4.5	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 42.1	η < 0.1	η = 0.1	η = 0.1	η < 0.1	**CUMPLE η = 42.1**
N252/N212	$\bar{\lambda} < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(1)	x: 0 m η = 20.8	x: 2.84 m η = 20.4	x: 0 m η = 0.7	η = 4.5	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 2.84 m η = 31.2	η < 0.1	η = 0.1	η = 0.1	η < 0.1	**CUMPLE η = 31.2**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	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	
N36/N201	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 30.1	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(7)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 30.1**
N201/N37	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 67.7	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(7)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 67.7**
N41/N197	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 47.5	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(7)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 47.5**
N197/N42	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 61.2	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(7)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 61.2**
N202/N39	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 67.3	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(7)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 67.3**
N38/N202	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 29.8	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(7)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 29.8**
N43/N200	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 47.3	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(7)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 47.3**
N200/N44	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 60.6	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(7)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 60.6**
N44/N206	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 74.2	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(7)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 74.2**
N206/N45	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 24.9	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(7)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 24.9**
N205/N45	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 28.3	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(7)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 28.3**
N42/N205	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 74.2	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(7)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 74.2**
N37/N49	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 80.7	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(7)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 80.7**
N49/N40	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 24.9	$N_{Ed} = 0.00$ N.P.(7)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(2)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	$V_{Ed} = 0.00$ N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	$M_{Ed} = 0.00$ N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 24.9**
N50/N40	$\bar{\lambda} \leq 4.0$	η = 24.9	$N_{Ed} = 0.00$	$M_{Ed} = 0.00$	$M_{Ed} = 0.00$	$V_{Ed} = 0.00$	$V_{Ed} = 0.00$	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	$M_{Ed} = 0.00$	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE**

Barras	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	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	
	Cumple		N.P.(7)	N.P.(2)	N.P.(2)	N.P.(3)	N.P.(3)					N.P.(5)			**η = 24.9**
N39/N50	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 81.9	N_{Ed} = 0.00 N.P.(7)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 81.9**
N1/N208	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 49.6	N_{Ed} = 0.00 N.P.(7)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 49.6**
N6/N207	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 32.9	N_{Ed} = 0.00 N.P.(7)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 32.9**
N207/N7	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 63.5	N_{Ed} = 0.00 N.P.(7)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 63.5**
N208/N2	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 59.3	N_{Ed} = 0.00 N.P.(7)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 59.3**
N3/N211	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 49.5	N_{Ed} = 0.00 N.P.(7)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 49.5**
N8/N56	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 37.0	N_{Ed} = 0.00 N.P.(7)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 37.0**
N56/N9	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 63.8	N_{Ed} = 0.00 N.P.(7)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 63.8**
N211/N4	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 59.5	N_{Ed} = 0.00 N.P.(7)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 59.5**
N4/N210	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 61.8	N_{Ed} = 0.00 N.P.(7)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 61.8**
N210/N5	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 27.4	N_{Ed} = 0.00 N.P.(7)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 27.4**
N209/N5	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 26.1	N_{Ed} = 0.00 N.P.(7)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 26.1**
N2/N209	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 61.8	N_{Ed} = 0.00 N.P.(7)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 61.8**
N7/N53	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 78.3	N_{Ed} = 0.00 N.P.(7)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 78.3**
N53/N10	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 20.7	N_{Ed} = 0.00 N.P.(7)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 20.7**
N55/N10	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 20.7	N_{Ed} = 0.00 N.P.(7)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 20.7**
N9/N55 ❖	$\bar{\lambda} \leq 4.0$ Cumple	η = 84.3	N_{Ed} = 0.00 N.P.(7)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	V_{Ed} = 0.00 N.P.(3)	N.P.(4)	N.P.(4)	N.P.(8)	N.P.(9)	M_{Ed} = 0.00 N.P.(5)	N.P.(6)	N.P.(6)	**CUMPLE η = 84.3**

Notación:
- $\bar{\lambda}$*: Limitación de esbeltez*
- λ_w*: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida*
- N_t*: Resistencia a tracción*
- N_c*: Resistencia a compresión*
- M_Y*: Resistencia a flexión eje Y*
- M_Z*: Resistencia a flexión eje Z*
- V_Z*: Resistencia a corte Z*
- V_Y*: Resistencia a corte Y*
- M_YV_Z*: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados*
- M_ZV_Y*: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados*
- NM_YM_Z*: Resistencia a flexión y axil combinados*
- $NM_YM_ZV_YV_Z$*: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados*
- M_t*: Resistencia a torsión*
- M_tV_Z*: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados*
- M_tV_Y*: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados*
- *x: Distancia al origen de la barra*
- η*: Coeficiente de aprovechamiento (%)*
- *N.P.: No procede*

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
- *(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.*
- *(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.*
- *(3) La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.*
- *(4) No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*
- *(5) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.*
- *(6) No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*
- *(7) La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.*
- *(8) No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*
- *(9) No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.*

3.2.11. UNIONES

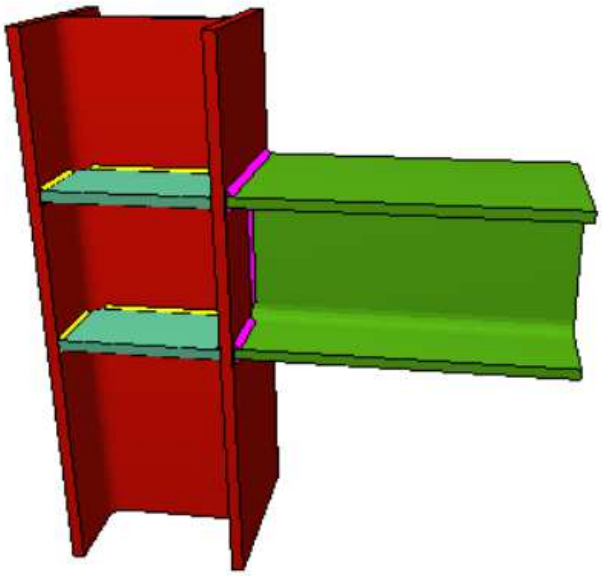
Las uniones los elementos metálicos se realizarán casi en su totalidad mediante soldadura. Las soldaduras se calcularán y comprobarán siguiendo los requisitos establecidos en el apartado 8.6. “Resistencia de los medios de unión. Uniones soldadas” del DB-SE-AE. Además se tomarán en cuenta las indicaciones de los libros “El Proyectista de Estructuras Metálicas” de R.Nonnast y “” de R.Argüelles. El material base será acero S275 para los perfiles laminados y S355 para los perfiles tubulares que forman la celosía. El material de aportación que se empleará en cada caso tendrá unas características mecánicas superiores a las del material base.

Con el fin de simplificar la ejecución de los diferentes tipos de uniones, se han intentado agrupar en la medida de lo posible. Primero se hará referencia a las uniones generales de la estructura y posteriormente a las de la celosía.

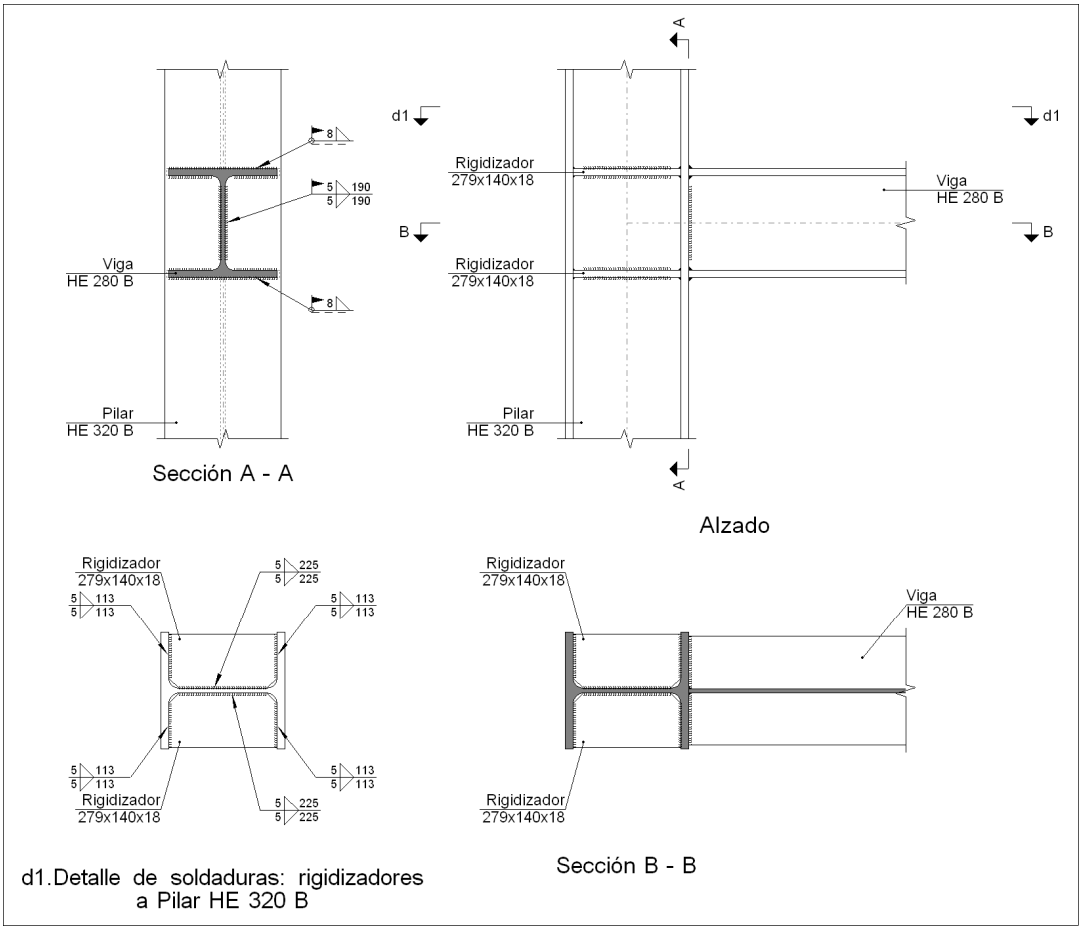
A continuación se adjuntan los listados de comprobación que CYPE ofrece para las siguientes uniones:

1. **Ménsula – Pilar pórtico tipo**
2. **Ménsula – Pilar hastial**
3. **Pilarillo hastial – Cumbrera**
4. **Dintel hastial- Pilar hastial- Viga de atado pórticos**
5. **Viga cargadero entreplanta – Pilar entreplanta**
6. **Viga cargadero entreplanta – Pilar lateral – Viga de atado (pórtico 1 y 3)**
7. **Viga cargadero entreplanta – Pilar lateral – Vigas de atado (pórtico 2**
8. **Viga cargadero entreplanta – Pilarillo hastial**
9. **Pilar – Viga arriostramiento lateral**
10. **Perfiles angulares cruces de San Andrés**
    - **Tipo I** → Cruz de San Andrés laterales inferiores
    - **Tipo II** → Cruces de San Andrés laterales superiores
    - **Tipo II** → Cruz de San Andrés cubierta
11. **Celosía**

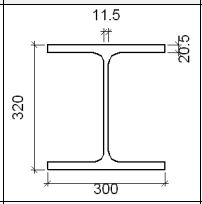
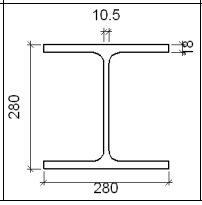
3.2.11.1. **Ménsula-pilar pórtico tipo:** N213, N215, N217, N219, N221, N222, N230, N232, N234, N236, N238, N240

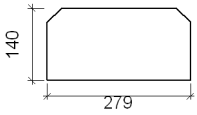


Detalle



Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 320 B		320	300	20.5	11.5	S275	275.0	410.0
Viga	HE 280 B		280	280	18	10.5	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		279	140	18	S275	275.0	410.0

Comprobación

Pilar HE 320 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	37.49
	Cortante	kN	205.61	500.81	41.06
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm²	41.63	261.90	15.90
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm²	41.63	261.90	15.90
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm²	41.63	261.90	15.90
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm²	41.63	261.90	15.90
Ala	Cortante	N/mm²	62.23	261.90	23.76

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	5	113	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	225	11.5	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	5	113	18.0	90.00

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	225	11.5	90.00
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	5	113	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	225	11.5	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	5	113	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	225	11.5	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	53.0	53.0	0.0	106.0	27.47	53.0	16.16	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	37.6	65.2	16.90	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	53.0	53.0	0.0	106.0	27.47	53.0	16.16	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	37.6	65.2	16.90	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	53.0	53.0	0.0	106.0	27.47	53.0	16.16	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	37.6	65.2	16.90	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	53.0	53.0	0.0	106.0	27.47	53.0	16.16	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	37.6	65.2	16.90	0.0	0.00	410.0	0.85

Viga HE 280 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	8	280	18.0	90.00
Soldadura del alma	En ángulo	5	190	10.5	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	8	280	18.0	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	36.7	36.7	0.0	73.4	19.03	36.7	11.19	410.0	0.85
Soldadura del alma	24.7	24.7	112.4	200.9	52.05	24.7	7.54	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	36.7	36.7	0.1	73.4	19.03	36.7	11.19	410.0	0.85

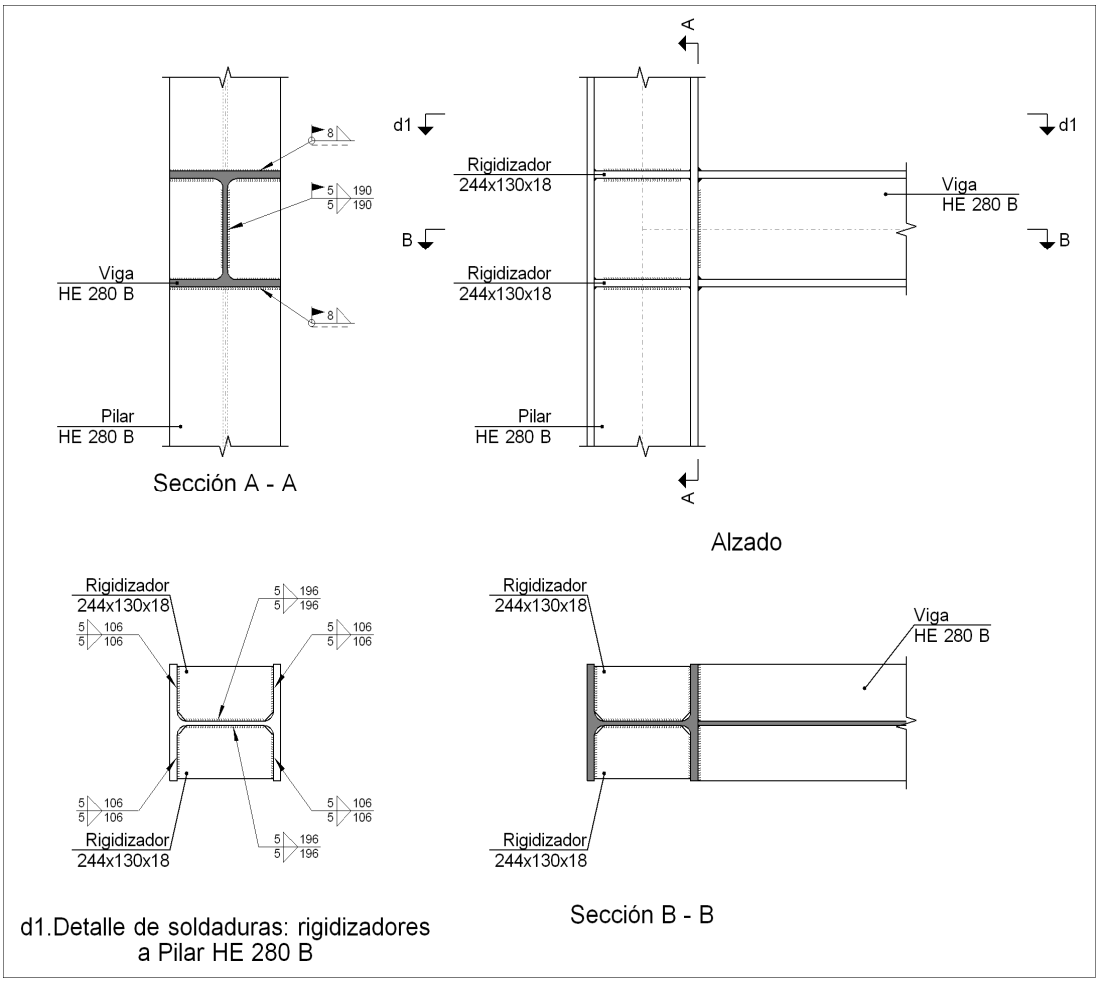
Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	5	3608
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	380
			8	1003

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	279x140x18	22.08
			Total	22.08

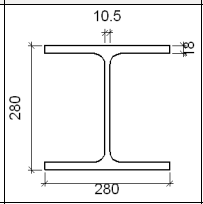
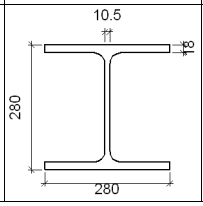
3.2.11.2. **Ménsula-pilar hastial:** N224, N228

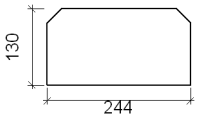
Detalle



d1.Detalle de soldaduras: rigidizadores a Pilar HE 280 B

Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 280 B		280	280	18	10.5	S275	275.0	410.0
Viga	HE 280 B		280	280	18	10.5	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		244	130	18	S275	275.0	410.0

Comprobación

Pilar HE 280 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	35.91
	Cortante	kN	221.87	400.10	55.45
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm²	48.97	261.90	18.70
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm²	48.97	261.90	18.70
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm²	48.97	261.90	18.70
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm²	48.97	261.90	18.70
Ala	Cortante	N/mm²	71.29	261.90	27.22

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	5	106	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	196	10.5	90.00

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	5	106	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	196	10.5	90.00
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	5	106	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	196	10.5	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	5	106	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	196	10.5	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	62.3	62.3	0.0	124.7	32.31	62.4	19.01	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	47.7	82.6	21.40	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	62.3	62.3	0.0	124.7	32.31	62.4	19.01	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	47.7	82.6	21.40	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	62.3	62.3	0.0	124.7	32.31	62.4	19.01	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	47.7	82.6	21.40	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	62.3	62.3	0.0	124.7	32.31	62.4	19.01	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	47.7	82.6	21.40	0.0	0.00	410.0	0.85

Viga HE 280 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	8	280	18.0	90.00
Soldadura del alma	En ángulo	5	190	10.5	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	8	280	18.0	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

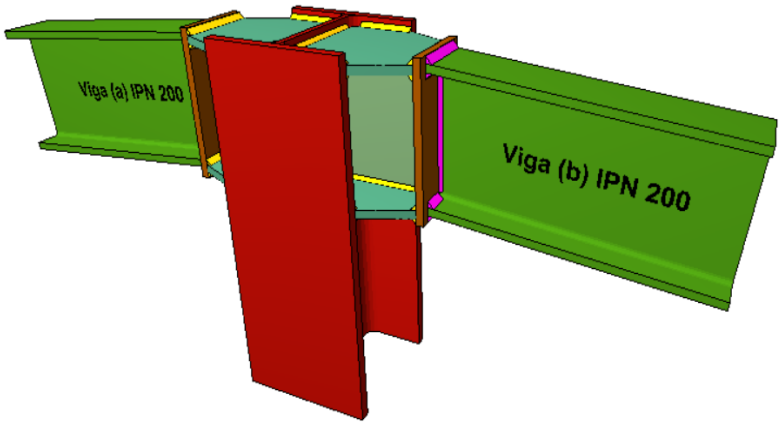
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	39.7	39.7	0.0	79.3	20.55	39.7	12.09	410.0	0.85
Soldadura del alma	26.7	26.7	112.4	201.9	52.31	26.7	8.13	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	39.7	39.7	0.1	79.3	20.55	39.7	12.09	410.0	0.85

Medición

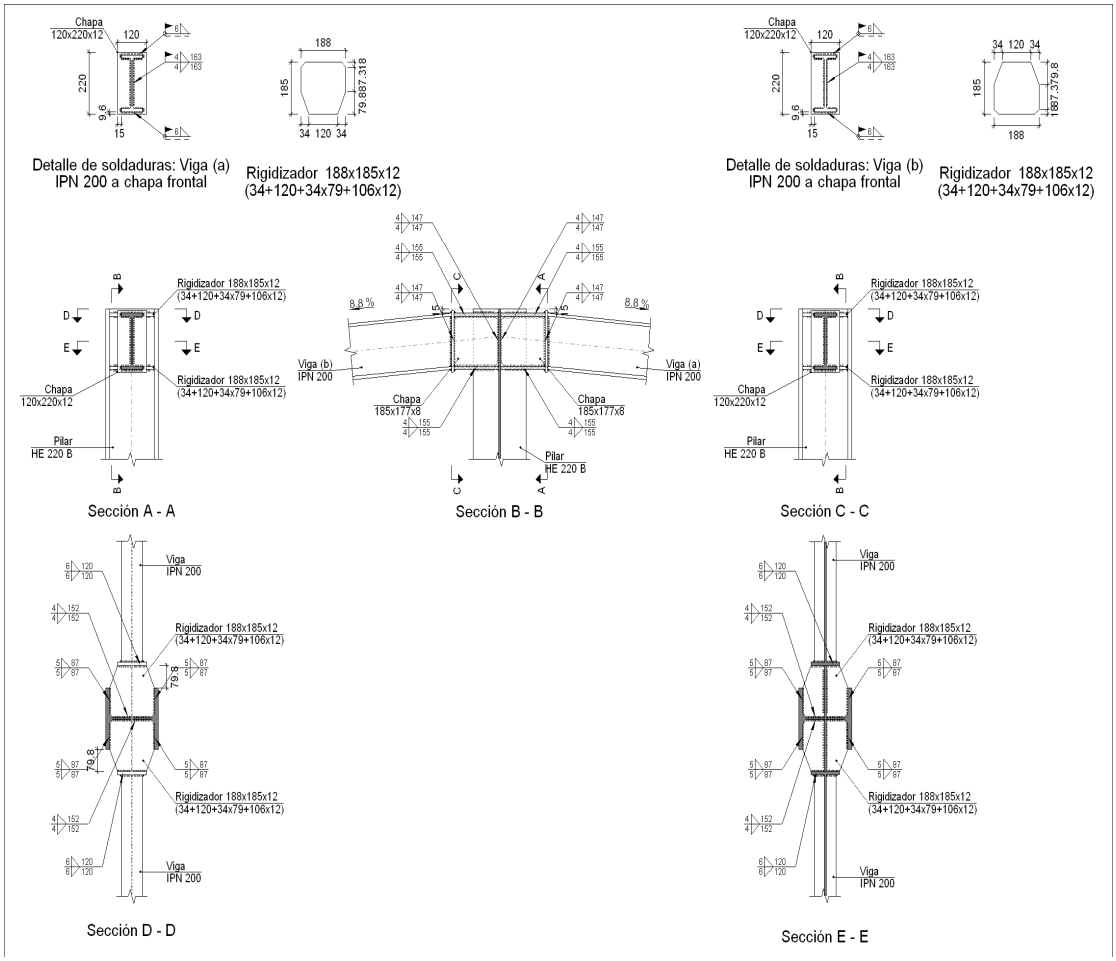
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	5	3264
	En el lugar de montaje	En ángulo	5	380
			8	1003

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	244x130x18	17.93
			Total	17.93

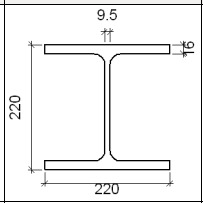
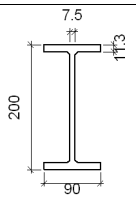
3.2.11.3. **Pilarillo hastial-cumbrera:** N5, N45

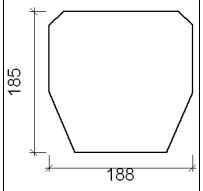
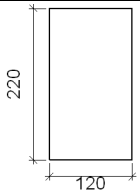
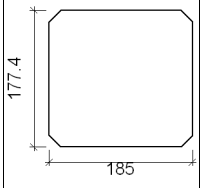
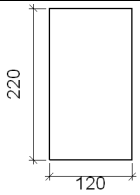


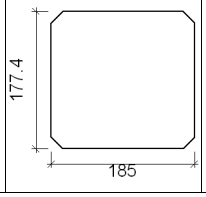
Detalle



Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 220 B		220	220	16	9.5	S275	275.0	410.0
Viga	IPN 200		200	90	11.3	7.5	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		188	185	12	S275	275.0	410.0
Chapa de apoyo de la viga Viga (a) IPN 200		120	220	12	S275	275.0	410.0
Chapa vertical de la viga Viga (a) IPN 200		185	177.4	8	S275	275.0	410.0
Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPN 200		120	220	12	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Chapa vertical de la viga Viga (b) IPN 200		185	177.4	8	S275	275.0	410.0

Comprobación

Pilar HE 220 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	30.58
	Cortante	kN	15.24	260.41	5.85
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm²	52.39	261.90	20.00
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm²	86.57	261.90	33.06
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm²	52.26	261.90	19.95
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm²	57.89	261.90	22.10
Chapa frontal [Viga (a) IPN 200]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
Chapa vertical [Viga (a) IPN 200]	Cortante	kN	12.87	187.50	6.87
Chapa frontal [Viga (b) IPN 200]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
Chapa vertical [Viga (b) IPN 200]	Cortante	kN	12.87	187.50	6.86
Ala	Desgarro	N/mm²	53.05	261.90	20.26
	Cortante	N/mm²	38.16	261.90	14.57

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	5	87	12.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	6	120	12.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	5	87	12.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	6	120	12.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	5	87	12.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	6	120	12.0	90.00

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	5	87	12.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	6	120	12.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	4	147	8.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	4	147	8.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	4	155	8.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	4	155	8.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	4	147	8.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	4	147	8.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	4	155	8.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	4	155	8.0	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	36.3	62.9	16.29	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	7.3	12.6	3.28	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	34.0	34.0	3.6	68.3	17.70	34.0	10.37	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	57.9	100.3	26.00	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	7.3	12.7	3.29	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	60.6	60.6	7.3	121.8	31.56	60.6	18.46	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	36.2	62.7	16.25	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	7.1	12.2	3.17	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	32.7	32.7	0.1	65.4	16.96	32.7	9.98	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	39.7	68.7	17.81	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	7.1	12.3	3.18	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	40.0	40.0	7.1	81.0	20.98	40.0	12.20	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	9.8	17.0	4.41	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	9.8	17.0	4.41	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	10.4	18.0	4.66	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	10.4	18.0	4.66	0.0	0.00	410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	9.8	17.0	4.41	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	9.8	17.0	4.41	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	10.4	18.0	4.66	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	10.4	18.0	4.66	0.0	0.00	410.0	0.85

Viga (a) IPN 200

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	90	11.3	84.99
Soldadura del alma	En ángulo	4	163	7.5	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	90	11.3	84.99

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	60.9	66.5	7.2	130.9	33.93	60.9	18.58	410.0	0.85
Soldadura del alma	0.0	0.0	8.9	15.4	3.99	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	120.6	110.5	14.6	227.7	59.00	120.6	36.78	410.0	0.85

Viga (b) IPN 200

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	90	11.3	84.99
Soldadura del alma	En ángulo	4	163	7.5	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	90	11.3	84.99

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	60.2	65.7	0.1	128.8	33.37	60.2	18.36	410.0	0.85
Soldadura del alma	0.0	0.0	8.9	15.4	3.99	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	80.8	74.0	14.2	153.5	39.78	80.8	24.63	410.0	0.85

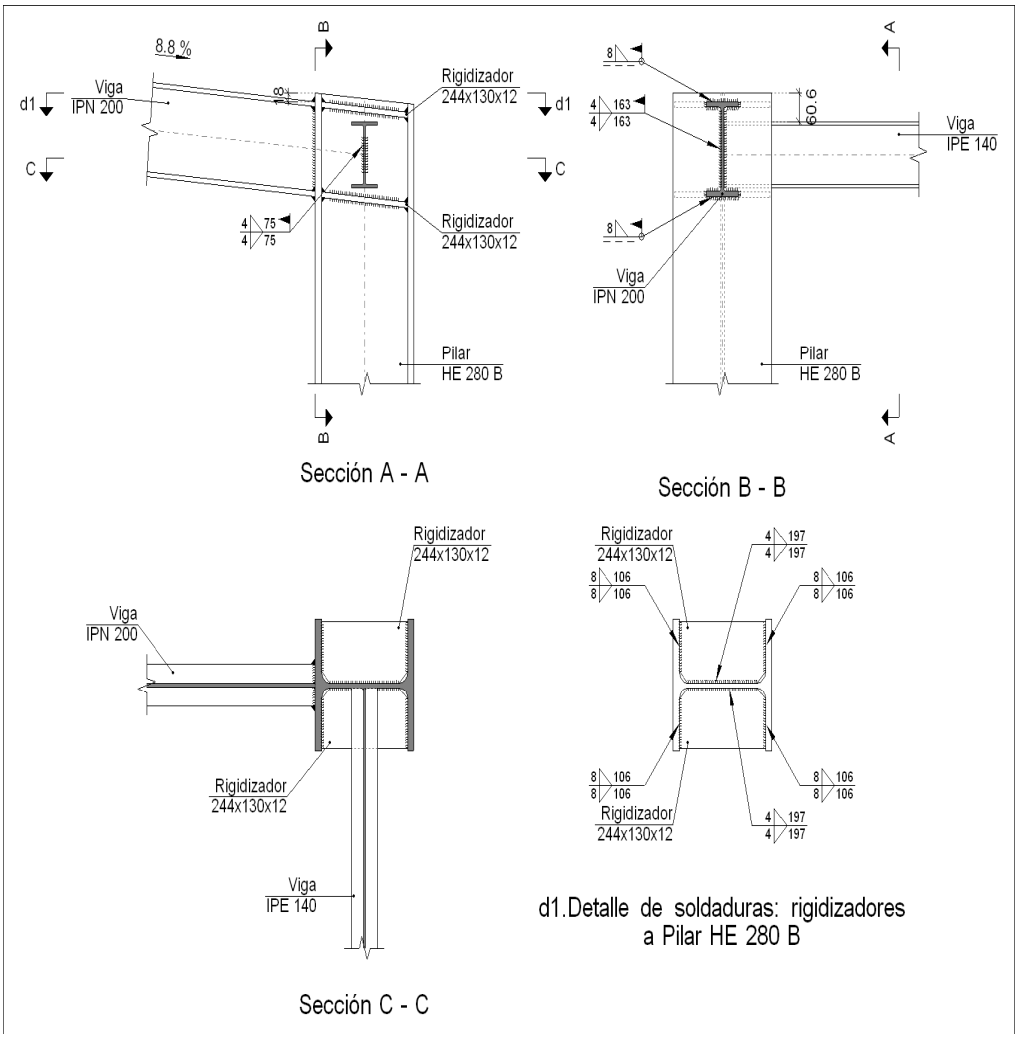
Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	3635
			5	1396
			6	960
	En el lugar de montaje	En ángulo	4	652
			6	721

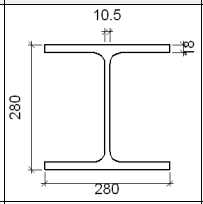
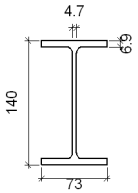
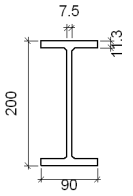
Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	188x185x12 (34+120+34x79+106x12)	12.08
	Chapas	2	185x177x8	4.12
		2	120x220x12	4.97
			Total	21.18

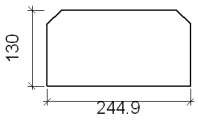
3.2.11.4. **Dintel hastial-Pilar hastial-Viga de atado pórticos:** N2, N4, N42, N44

Detalle



Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 280 B		280	280	18	10.5	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 140		140	73	6.9	4.7	S275	275.0	410.0
Viga	IPN 200		200	90	11.3	7.5	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		244.9	130	12	S275	275.0	410.0

Comprobación

Pilar HE 280 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	35.91
	Cortante	kN	83.39	287.82	28.97
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm²	72.36	261.90	27.63
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm²	75.58	261.90	28.86
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm²	72.88	261.90	27.83
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm²	75.07	261.90	28.66
Ala	Desgarro	N/mm²	13.85	261.90	5.29
	Cortante	N/mm²	21.78	261.90	8.32

Viga IPE 140	Alma	Punzonamiento	kN	59.32	329.38	18.01
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	59.33	83.98	70.65

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	106	12.0	84.99
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	197	10.5	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	106	12.0	84.99
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	197	10.5	90.00
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	106	12.0	84.99
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	197	10.5	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	106	12.0	84.99
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	197	10.5	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	36.7	40.0	0.2	78.4	20.32	36.7	11.18	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	18.7	32.4	8.38	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	38.3	41.8	0.2	81.9	21.22	38.3	11.67	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	19.5	33.8	8.75	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	36.9	40.3	0.2	79.0	20.46	36.9	11.26	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	18.8	32.6	8.44	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	38.0	41.5	0.2	81.3	21.08	38.0	11.59	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	19.4	33.6	8.70	0.0	0.00	410.0	0.85

Viga IPN 200

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	8	90	11.3	84.99
Soldadura del alma	En ángulo	4	163	7.5	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	8	90	11.3	84.99

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia

Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	91.7	84.0	0.5	172.0	44.56	91.7	27.95	410.0	0.85
Soldadura del alma	70.2	70.2	18.4	144.0	37.31	70.2	21.40	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	86.1	94.0	0.6	184.2	47.72	86.1	26.25	410.0	0.85

Viga IPE 140

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm²	168.34	261.90	64.27

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del alma	En ángulo	4	75	4.7	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

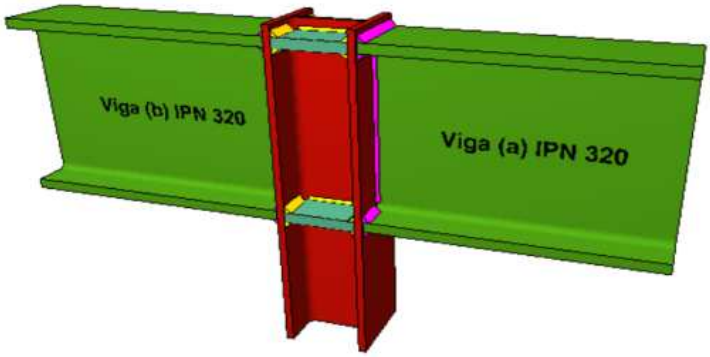
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	69.9	69.9	1.0	139.9	36.24	69.9	21.32	410.0	0.85

Medición

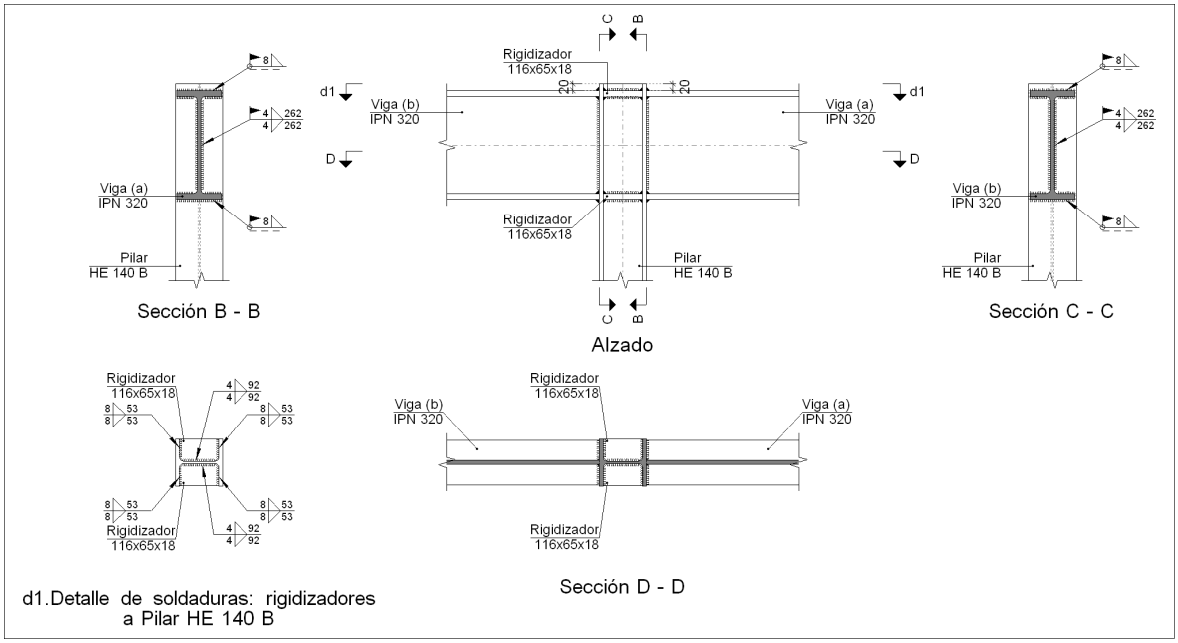
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	1575
			8	1696
	En el lugar de montaje	En ángulo	4	476
			8	360

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	244x130x12	12.00
			Total	12.00

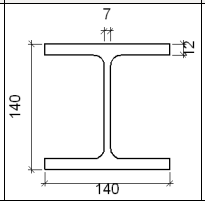
3.2.11.5. **Viga cargadero entreplanta-Pilar entreplanta:** N198, N199, N212, N244, N245, N246

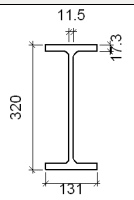


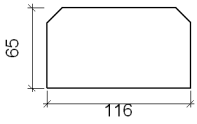
Detalle



Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 140 B		140	140	12	7	S275	275.0	410.0

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Viga	IPN 320		320	131	17.3	11.5	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		116	65	18	S275	275.0	410.0

Comprobación

Pilar HE 140 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	25.61
	Cortante	kN	95.67	305.51	31.31
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm²	202.70	261.90	77.39
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm²	207.30	261.90	79.15
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm²	202.77	261.90	77.42
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm²	207.30	261.90	79.15
Ala	Cortante	N/mm²	102.09	261.90	38.98

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	53	12.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	92	7.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	53	12.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	92	7.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	53	12.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	92	7.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	53	12.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	92	7.0	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	161.2	161.2	0.0	322.5	83.57	161.2	49.16	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	22.5	39.0	10.10	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	164.9	164.9	0.0	329.8	85.47	164.9	50.27	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	27.4	47.5	12.32	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	161.3	161.3	0.0	322.6	83.60	161.3	49.18	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	22.5	39.0	10.09	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	164.9	164.9	0.0	329.8	85.47	164.9	50.27	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	27.4	47.5	12.32	0.0	0.00	410.0	0.85

Viga (a) IPN 320

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	8	131	12.0	90.00
Soldadura del alma	En ángulo	4	262	11.5	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	8	131	12.0	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	169.2	169.2	0.0	338.3	87.67	169.2	51.57	410.0	0.85
Soldadura del alma	138.1	138.1	83.2	311.6	80.74	138.1	42.11	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	172.2	172.2	0.1	344.3	89.22	172.2	52.48	410.0	0.85

Viga (b) IPN 320

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	8	131	12.0	90.00
Soldadura del alma	En ángulo	4	262	11.5	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	8	131	12.0	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

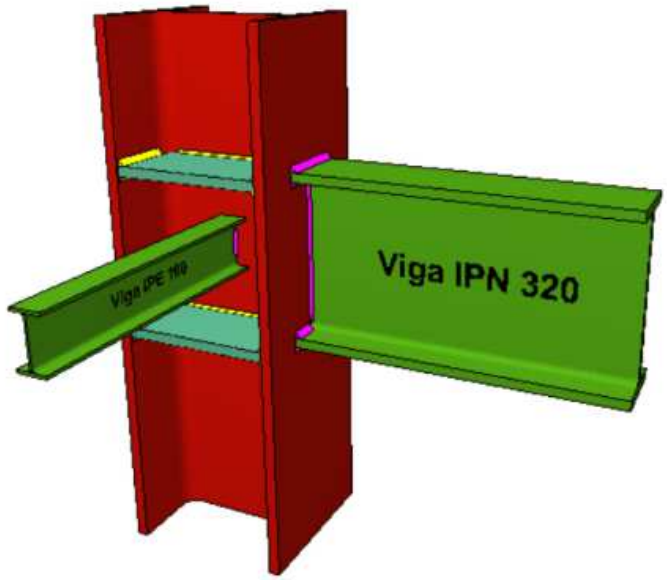
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	169.2	169.2	0.0	338.4	87.71	169.2	51.59	410.0	0.85
Soldadura del alma	138.1	138.1	83.2	311.5	80.72	138.1	42.10	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	172.1	172.1	0.1	344.2	89.21	172.1	52.48	410.0	0.85

Medición

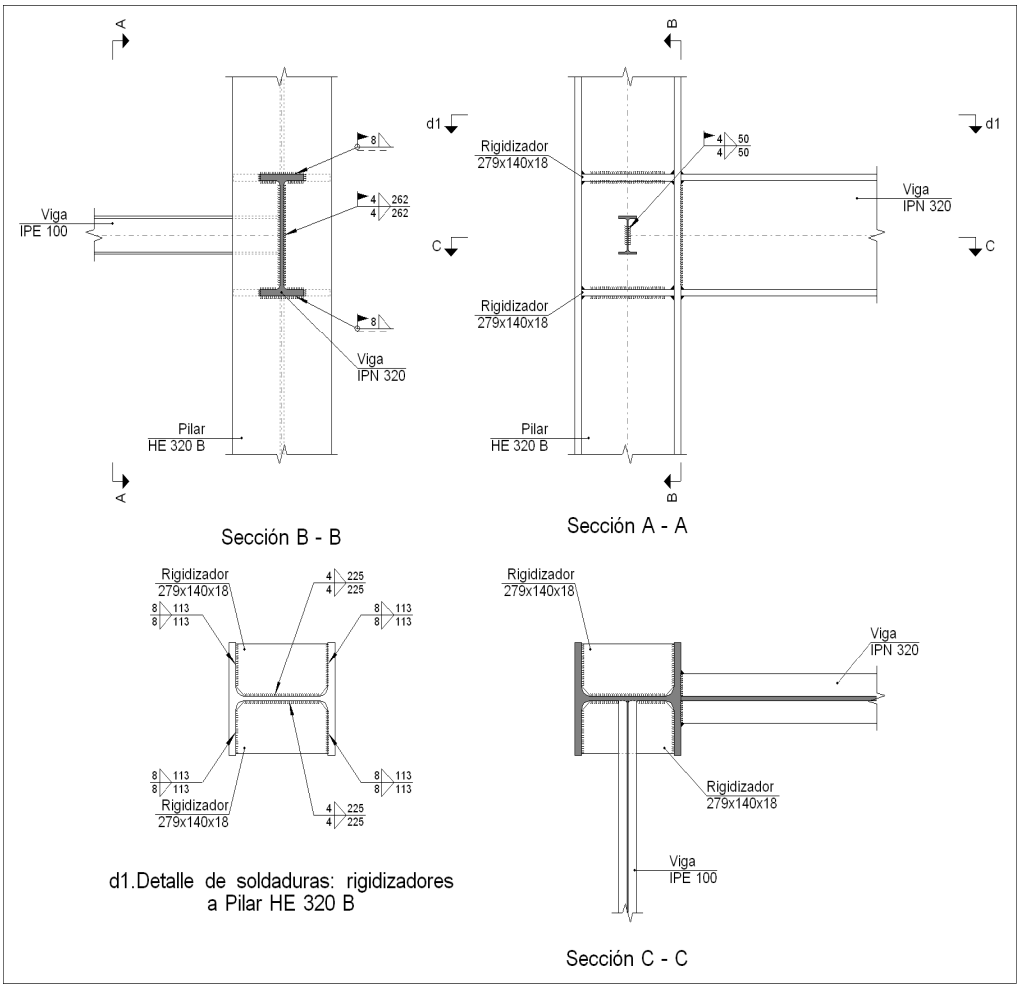
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	736
			8	848
	En el lugar de montaje	En ángulo	4	1050
			8	910

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	116x65x18	4.26
			Total	4.26

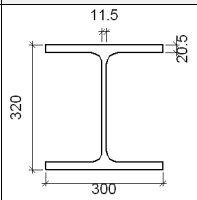
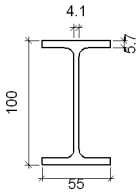
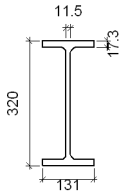
3.2.11.6. Viga cargadero entreplanta-Pilar lateral- Viga de atado entreplanta (Pórticos 1 y 3): N201, N202, N203, N204

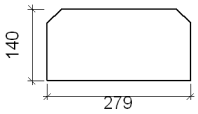


Detalle



Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría: Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Acero: Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 320 B		320	300	20.5	11.5	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	275.0	410.0
Viga	IPN 320		320	131	17.3	11.5	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría: Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Acero: Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		279	140	18	S275	275.0	410.0

Comprobación

Pilar HE 320 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	37.49
	Cortante	kN	263.26	501.91	52.45
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm²	84.82	261.90	32.39
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm²	83.86	261.90	32.02
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm²	84.66	261.90	32.33
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm²	84.02	261.90	32.08

	Ala	Cortante	N/mm²	38.66	261.90	14.76
Viga IPE 100	Alma	Punzonamiento	kN	11.26	244.88	4.60
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	11.26	162.45	6.93

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	113	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	225	11.5	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	113	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	225	11.5	90.00
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	113	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	225	11.5	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	113	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	225	11.5	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	67.5	67.5	0.0	135.0	34.97	67.5	20.57	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	45.2	78.2	20.27	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	66.7	66.7	0.0	133.4	34.58	66.7	20.34	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	44.7	77.4	20.05	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	67.3	67.3	0.0	134.7	34.91	67.4	20.53	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	45.1	78.1	20.23	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	66.8	66.8	0.0	133.7	34.65	66.8	20.38	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	44.7	77.5	20.08	0.0	0.00	410.0	0.85

Viga IPN 320

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	8	131	17.3	90.00
Soldadura del alma	En ángulo	4	262	11.5	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	8	131	17.3	90.00

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
a: Espesor garganta *l: Longitud efectiva* *t: Espesor de piezas*					

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	93.3	93.3	0.0	186.5	48.33	93.3	28.43	410.0	0.85
Soldadura del alma	74.6	74.6	28.2	156.9	40.66	74.6	22.73	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	92.6	92.6	0.0	185.3	48.01	92.6	28.24	410.0	0.85

Viga IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm²	55.02	261.90	21.01

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del alma	En ángulo	4	50	4.1	90.00
a: Espesor garganta *l: Longitud efectiva* *t: Espesor de piezas*					

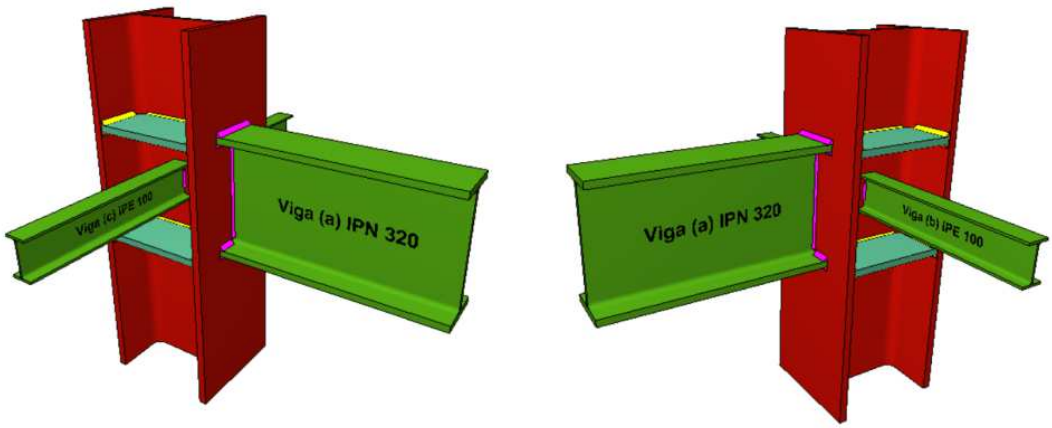
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	19.9	19.9	0.9	39.8	10.32	19.9	6.07	410.0	0.85

Medición

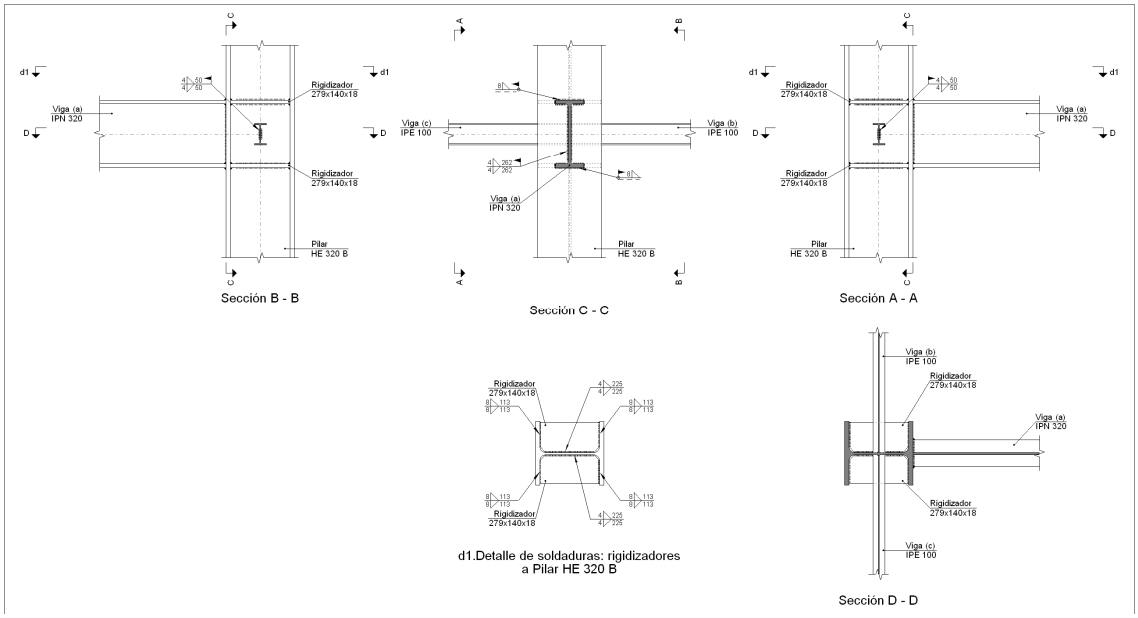
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	1800
			8	1808
	En el lugar de montaje	En ángulo	4	625
			8	524

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	279x140x18	22.08
			Total	22.08

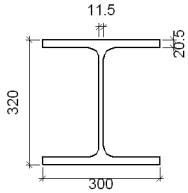
3.2.11.7. Viga cargadero entreplanta-Pilar lateral-Vigas de atado entreplanta (Pórtico 2): N197, N200

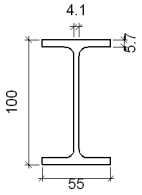
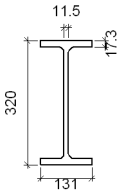


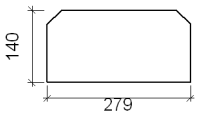
Detalle



Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 320 B		320	300	20.5	11.5	S275	275.0	410.0

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Viga	IPE 100		100	55	5.7	4.1	S275	275.0	410.0
Viga	IPN 320		320	131	17.3	11.5	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		279	140	18	S275	275.0	410.0

Comprobación

Pilar HE 320 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	37.49	
	Cortante	kN	422.50	501.91	84.18	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm²	136.00	261.90	51.93	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm²	135.43	261.90	51.71	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm²	136.00	261.90	51.93	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm²	135.43	261.90	51.71	
Ala	Cortante	N/mm²	51.28	261.90	19.58	
Viga (c) IPE 100	Alma	Punzonamiento	kN	43.56	244.88	17.79
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	32.30	162.45	19.88
Viga (b) IPE 100	Alma	Punzonamiento	kN	43.45	244.88	17.74
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	32.21	162.45	19.83

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	113	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	225	11.5	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	113	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	225	11.5	90.00
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	113	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	225	11.5	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	113	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	225	11.5	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	108.2	108.2	0.0	216.4	56.07	108.2	32.98	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	72.4	125.4	32.51	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	107.7	107.7	0.0	215.5	55.84	107.7	32.84	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	72.1	124.9	32.37	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	108.2	108.2	0.0	216.4	56.07	108.2	32.98	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	72.4	125.4	32.51	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	107.7	107.7	0.0	215.5	55.84	107.7	32.84	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	72.1	124.9	32.37	0.0	0.00	410.0	0.85

Viga (a) IPN 320

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	8	131	17.3	90.00
Soldadura del alma	En ángulo	4	262	11.5	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	8	131	17.3	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	149.6	149.6	0.0	299.2	77.53	149.6	45.61	410.0	0.85
Soldadura del alma	119.7	119.7	82.4	278.7	72.23	119.7	36.50	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	149.2	149.2	0.0	298.3	77.30	149.2	45.47	410.0	0.85

Viga (c) IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm²	212.50	261.90	81.14

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del alma	En ángulo	4	50	4.1	90.00
a: Espesor garganta *l: Longitud efectiva* *t: Espesor de piezas*					

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	77.0	77.0	0.6	154.0	39.91	77.0	23.48	410.0	0.85

Viga (b) IPE 100

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm²	211.97	261.90	80.93

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del alma	En ángulo	4	50	4.1	90.00
a: Espesor garganta *l: Longitud efectiva* *t: Espesor de piezas*					

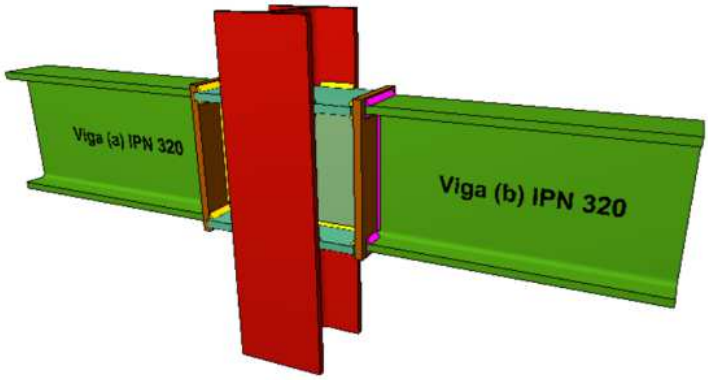
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	76.8	76.8	0.6	153.6	39.81	76.8	23.42	410.0	0.85

Medición

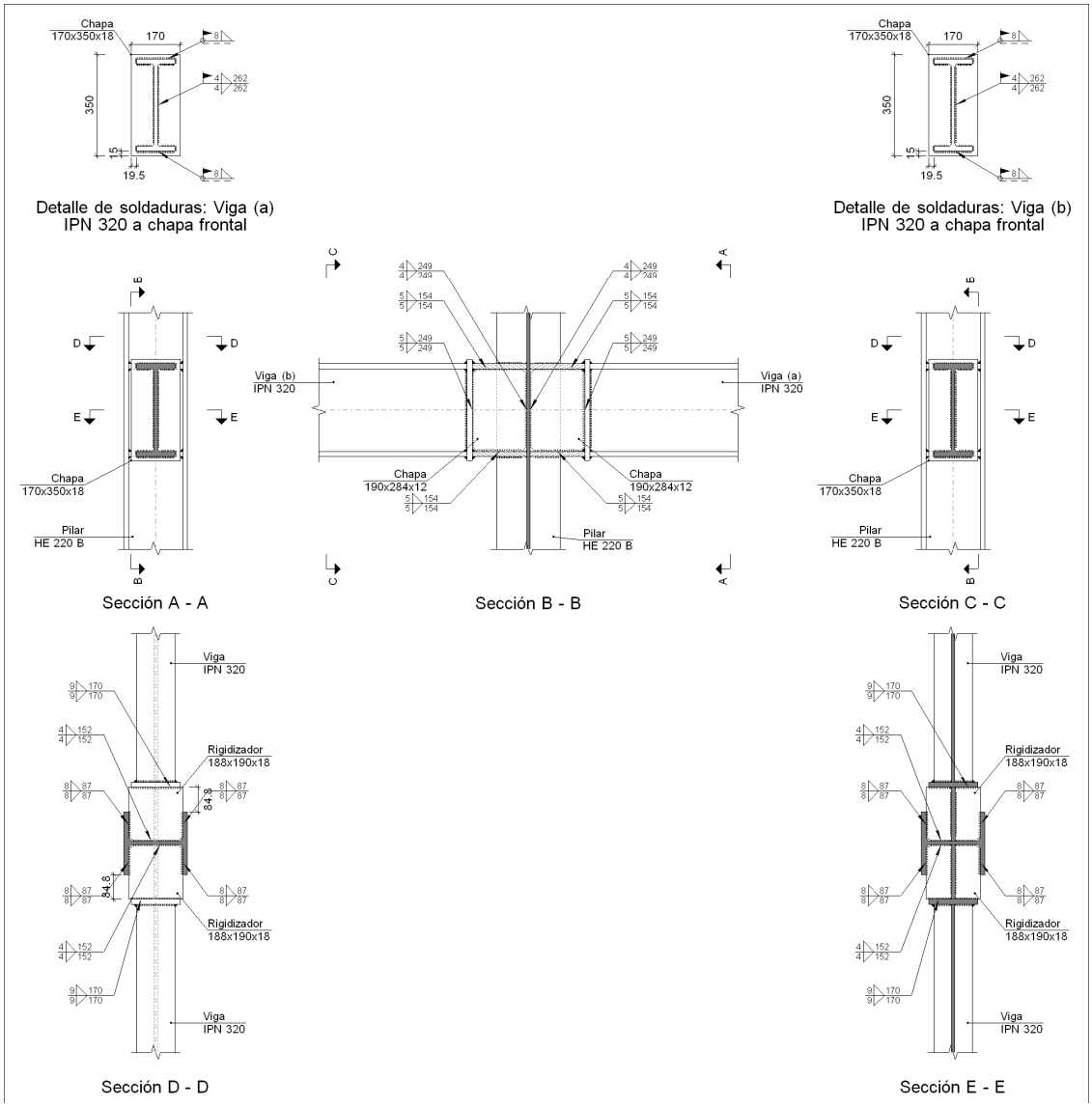
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	1800
			8	1808
	En el lugar de montaje	En ángulo	4	725
			8	524

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	279x140x18	22.08
			Total	22.08

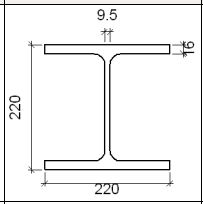
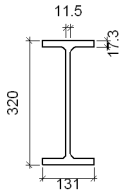
3.2.11.8. Viga cargadero entreplanta-Pilarillo hastial: N241, N242, N243

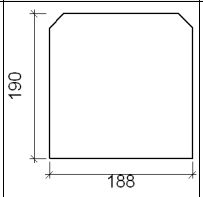
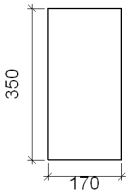
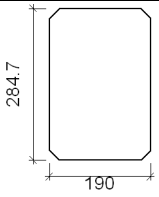
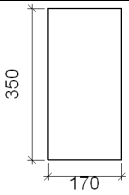
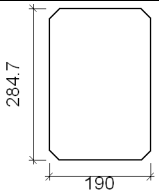


Detalle



Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 220 B		220	220	16	9.5	S275	275.0	410.0
Viga	IPN 320		320	131	17.3	11.5	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios							
Pieza	Geometría				Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		188	190	18	S275	275.0	410.0
Chapa de apoyo de la viga Viga (a) IPN 320		170	350	18	S275	275.0	410.0
Chapa vertical de la viga Viga (a) IPN 320		190	284.7	12	S275	275.0	410.0
Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPN 320		170	350	18	S275	275.0	410.0
Chapa vertical de la viga Viga (b) IPN 320		190	284.7	12	S275	275.0	410.0

Comprobación

Pilar HE 220 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	30.58
	Cortante	kN	0.63	414.62	0.15
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm²	168.33	261.90	64.27
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm²	177.28	261.90	67.69
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm²	168.82	261.90	64.46
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm²	177.41	261.90	67.74
Chapa frontal [Viga (a) IPN 320]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
Chapa vertical [Viga (a) IPN 320]	Cortante	kN	66.72	279.44	23.88
Chapa frontal [Viga (b) IPN 320]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
Chapa vertical [Viga (b) IPN 320]	Cortante	kN	66.75	279.44	23.89
Ala	Desgarro	N/mm²	95.14	261.90	36.33
	Cortante	N/mm²	120.95	261.90	46.18

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	87	16.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	9	170	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	87	16.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	9	170	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	8	87	16.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	En ángulo	9	170	18.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	8	87	16.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	152	9.5	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	En ángulo	9	170	18.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	4	249	9.5	90.00
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	5	249	12.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	5	154	12.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	5	154	12.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	4	249	9.5	90.00
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	5	249	12.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	5	154	12.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	5	154	12.0	90.00

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
a: Espesor garganta *l: Longitud efectiva* *t: Espesor de piezas*					

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	109.3	189.4	49.07	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	0.3	0.5	0.13	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	71.5	71.5	0.0	143.1	37.07	71.5	21.81	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	115.1	199.4	51.68	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	0.1	0.2	0.06	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	76.4	76.4	0.0	152.8	39.60	76.4	23.29	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	109.6	189.9	49.22	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	0.3	0.5	0.14	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	71.8	71.8	0.0	143.6	37.21	71.8	21.89	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	115.2	199.6	51.72	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	0.1	0.3	0.06	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	76.5	76.5	0.0	152.9	39.63	76.5	23.31	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	45.9	79.5	20.60	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	36.7	63.6	16.48	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	43.3	75.0	19.45	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	43.3	75.0	19.45	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	45.9	79.5	20.61	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	36.7	63.6	16.49	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	43.3	75.1	19.45	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	43.3	75.1	19.45	0.0	0.00	410.0	0.85

Viga (a) IPN 320

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	8	131	17.3	90.00
Soldadura del alma	En ángulo	4	262	11.5	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	8	131	17.3	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	97.5	97.5	0.1	195.0	50.54	97.5	29.73	410.0	0.85
Soldadura del alma	0.0	0.0	43.5	75.4	19.53	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	103.8	103.8	0.1	207.7	53.81	103.8	31.65	410.0	0.85

Viga (b) IPN 320

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	8	131	17.3	90.00
Soldadura del alma	En ángulo	4	262	11.5	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	8	131	17.3	90.00

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

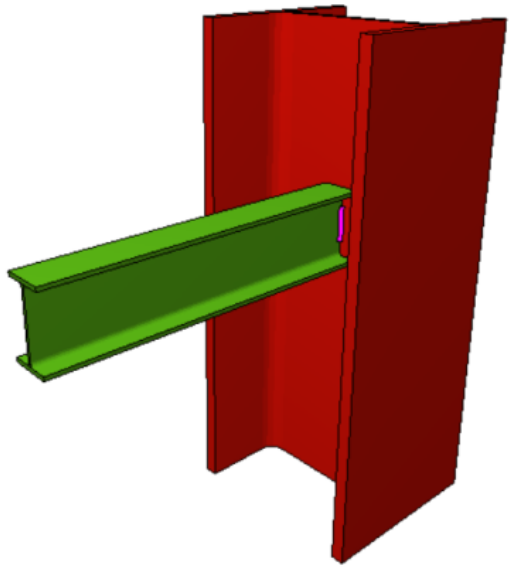
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	97.9	97.9	0.1	195.8	50.73	97.9	29.84	410.0	0.85
Soldadura del alma	0.0	0.0	43.5	75.4	19.53	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	103.9	103.9	0.1	207.8	53.86	103.9	31.68	410.0	0.85

Medición

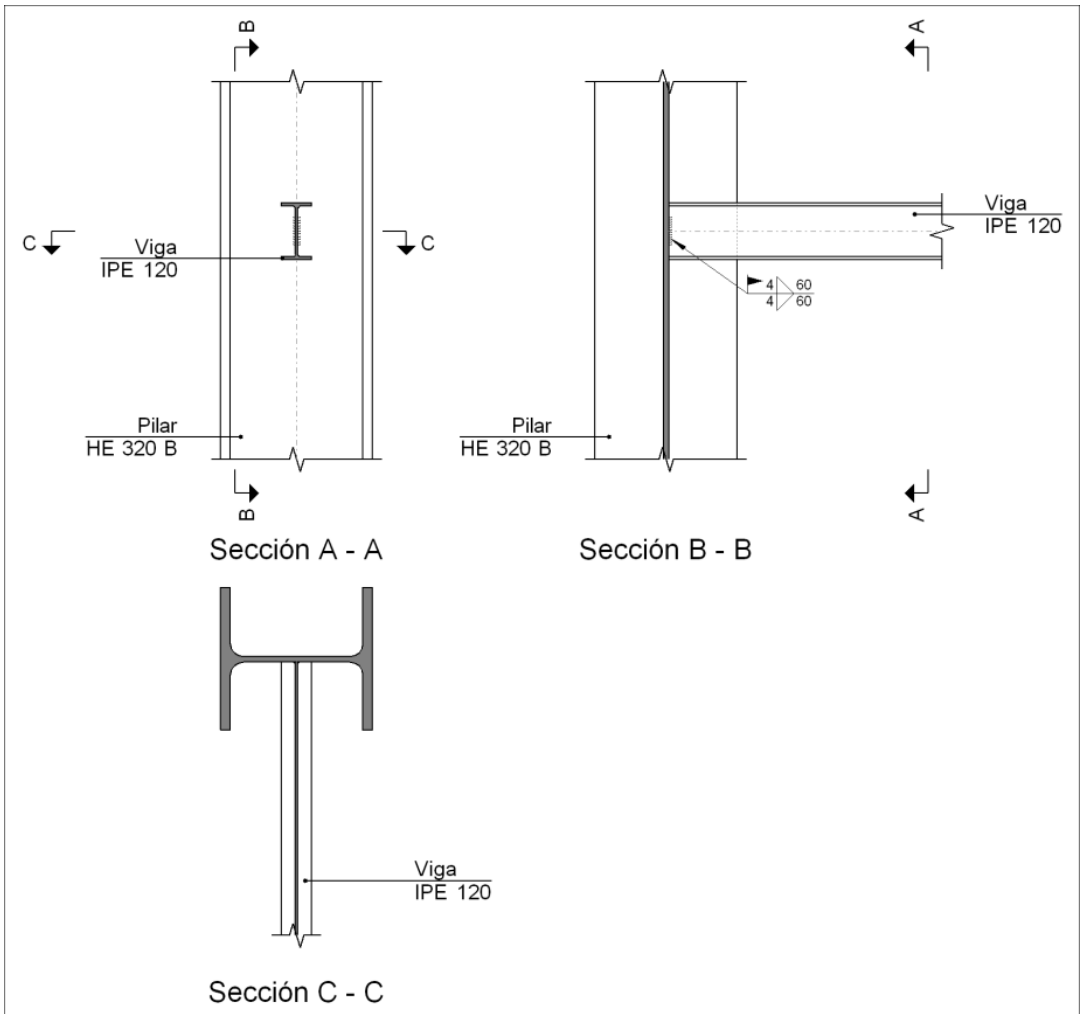
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	2211
			5	2227
			8	1396
			9	1360
	En el lugar de montaje	En ángulo	4	1050
			8	1048

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	188x190x18	20.19
	Chapas	2	190x284x12	10.19
		2	170x350x18	16.81
			Total	47.19

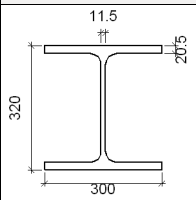
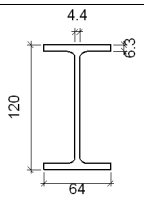
3.2.11.9. Pilar-Viga de arriostramiento lateral: N56, N207, N208, N211



Detalle



Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría: Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Acero: Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 320 B		320	300	20.5	11.5	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 120		120	64	6.3	4.4	S275	275.0	410.0

Comprobación

Pilar HE 320 B

	Comprobaciones de resistencia					
	Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Viga IPE 120	Alma	Punzonamiento	kN	35.35	291.50	12.13
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	35.35	165.71	21.33

Viga IPE 120

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm²	133.92	261.90	51.13

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del alma	En ángulo	4	60	4.4	90.00

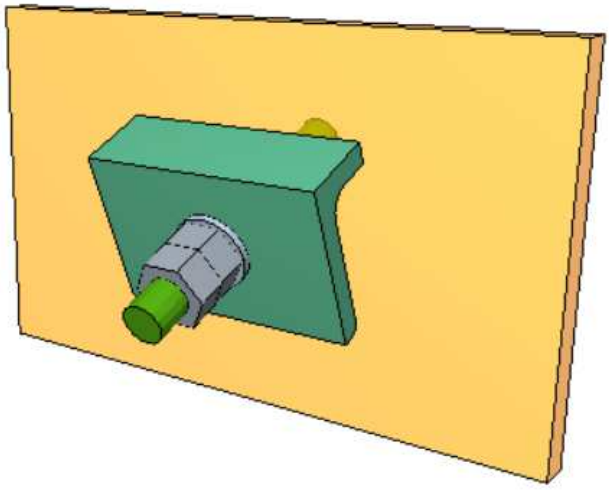
a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	52.1	52.1	0.6	104.2	26.99	52.1	15.88	410.0	0.85

Medición

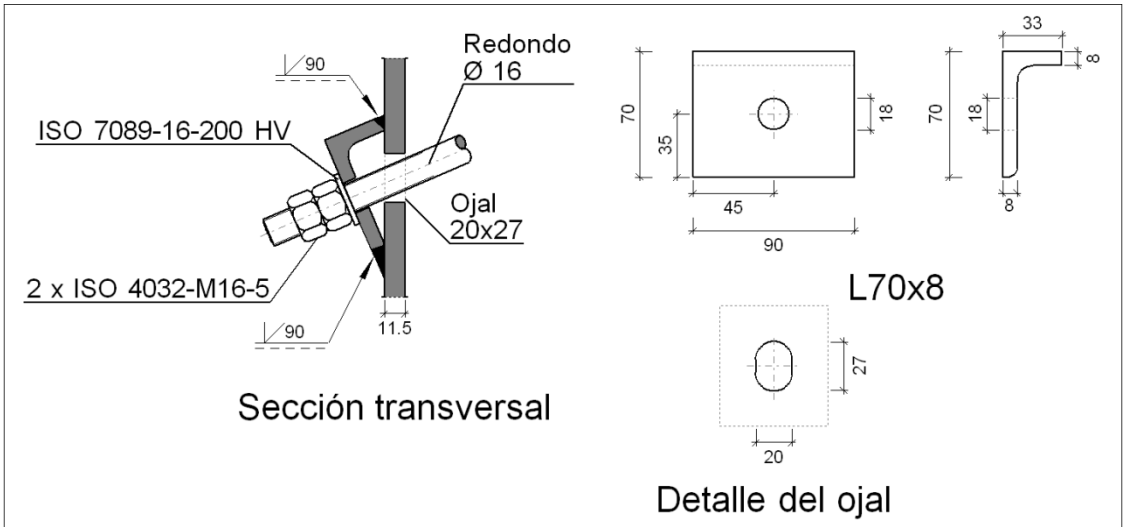
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En el lugar de montaje	En ángulo	4	120

3.2.11.10.Perfiles angulares cruces de San Andrés



Tipo I: Perfil angular cruz de San Andrés lateral inferior: N1, N2, N6, N8, N36, N38, N41, N43, N56, N197, N200, N201, N202, N207, N208, N211

Detalle



Comprobación

L70x8 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	11.02	87.10	12.65
Flector	--	--	--	62.61

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas			
Ref.	Tipo	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldaduras a tope del angular a la pieza	A tope en bisel simple	8	90
l: Longitud efectiva			

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85

Medición

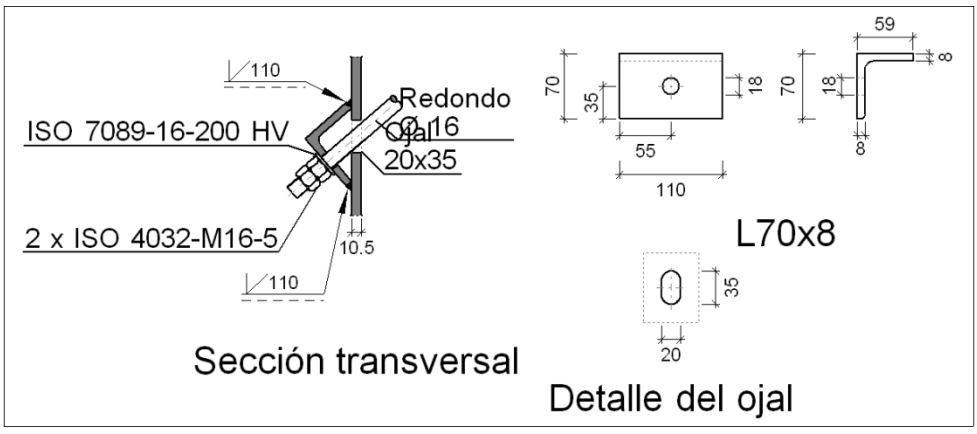
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple	8	180

Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L70x8	90	0.75
			Total	0.75

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	2	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	1	ISO 7089-16

Tipo II: Perfil angular cruz de San Andrés lateral superior: N2, N4, N7, N9, N37, N39, N42, N44, N56, N197, N200, N201, N202, N207, N208, N211

Detalle



Comprobación

L70x8 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	13.37	111.29	12.01
Flector	--	--	--	62.15

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas			
Ref.	Tipo	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldaduras a tope del angular a la pieza	A tope en bisel simple	8	110
l: Longitud efectiva			

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85

Medición

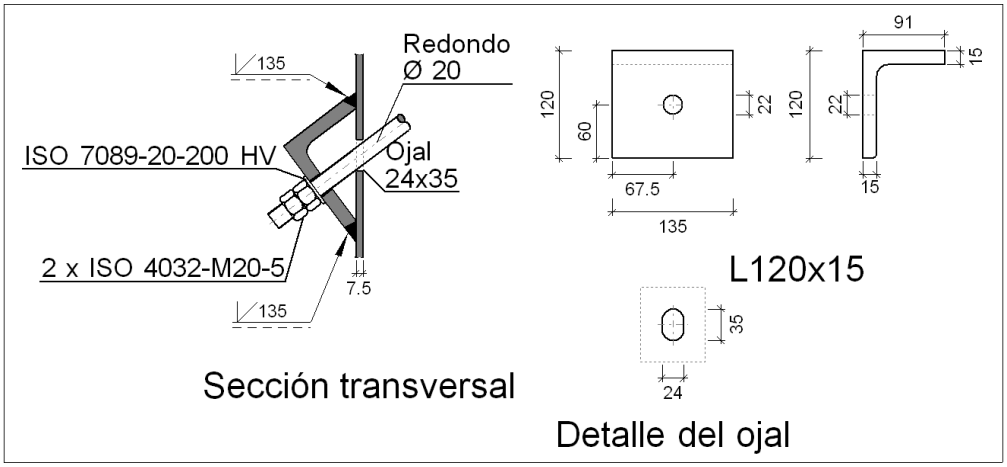
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple	8	220

Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L70x8	110	0.91
			Total	0.91

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	2	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	1	ISO 7089-16

Tipo III: Perfil angular cruz de San Andrés cubierta: N2, N4, N5, N7, N9, N10, N37, N39, N40, N42, N44, N45, N49, N50, N53, N55, N205, N206, N209, N210

Detalle



Comprobación

L120x15 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	35.09	256.30	13.69
Flector	--	--	--	74.17

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas			
Ref.	Tipo	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldaduras a tope del angular a la pieza	A tope en bisel simple	8	135
l: Longitud efectiva			

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85

Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple	15	270

Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L120x15	135	3.58
			Total	3.58

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	2	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	1	ISO 7089-20

3.2.11.11.Celosía

A continuación se muestran los listados que ofrece CYPE acerca de las uniones de los perfiles tubulares que forman la celosía. Las uniones han sido agrupadas en la medida de lo posible con el fin de reducir el trabajo. Las uniones que CYPE no ha sido capaz de dimensionar, ya que no están implementadas en el programa, quedan a cargo de la autora del presente proyecto, siendo estas el empotramientos de los cordones de la celosía a los pilares y el nudo de cumbrera.

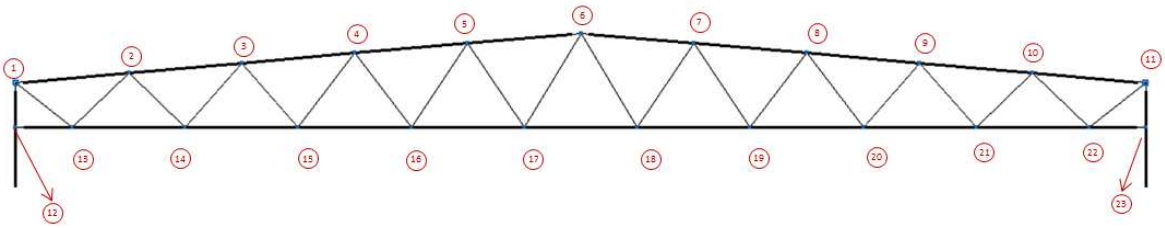


Figura 93. *Nudos de la celosía*

Los pórticos en celosía constan de 23 nudos agrupados en 12 uniones que serán descritas a continuación:

Cordón superior-pilar

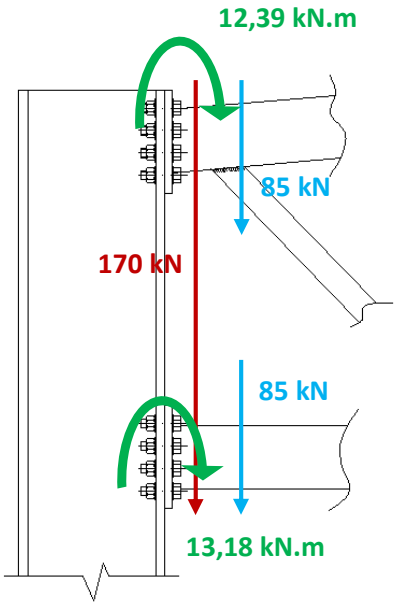
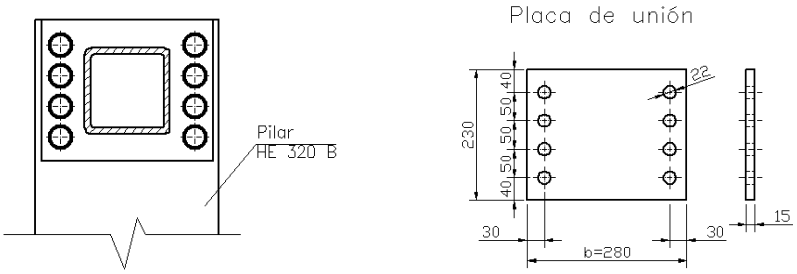


Figura 94. *Unión celosía-pilar*



Las uniones estarán solicitadas a córtate y a tracción producida por el momento flector y por las propias barras. La comprobación del tornillo más alejado de la fibra neutra se realizará a corte, a tracción y a esfuerzos combinados.

El cálculo a cortante se realiza en la hipótesis de que todos los tornillos de la costura absorben la misma fuerza, no debiendo rebasar el esfuerzo de cálculo que ha de resistir el tornillo la solicitación de agotamiento a cortadura, $F_{v,Rd}$, deducida de la siguiente expresión:

$$F_{v,Rd} = n \cdot 0{,}5 \cdot f_{ub} \cdot \frac{A_c}{\gamma_{M2}}$$

Siendo;

$F_{v,Rd}$ Resistencia a cálculoa cortante por plano de corte

f_{ub} tensión de rotura del acero del tornillo

γ_{M2} Coeficiente parcial de seguridad del mateial de los tornillos, igual a 1,25

A_c área de cálculo del tornillo que corresponde a la superficie de la sección de la caña del tornillo, A_d, o al área resistente del tornillo A_s, según se encuentren los planos de cortadura en la caña o en la parte roscada del vástago respectivamnte.

n Número de secciones transversales que resisten conjuntamente el esfuerzo de corte. Toma el valor 1 para cortadura simple y 2 para doble cortadura.

Para tornillos de M20 y acero de alta resistencia 8.8 se obtienen los siguientes valores:

$f_{ub} = 800\ N/mm^2$

$A_s = 2{,}75\ cm^2$

$$F_{v,Rd} = n \cdot 0{,}5 \cdot f_{ub} \cdot \frac{A_c}{\gamma_{M2}} \rightarrow F_{v,Rd} = 1 \cdot 0{,}5 \cdot 800 \cdot \frac{275}{1{,}25} = 88\ kN$$

$$F_{v,Sd} = \frac{85}{8} = 10{,}625\ kN$$

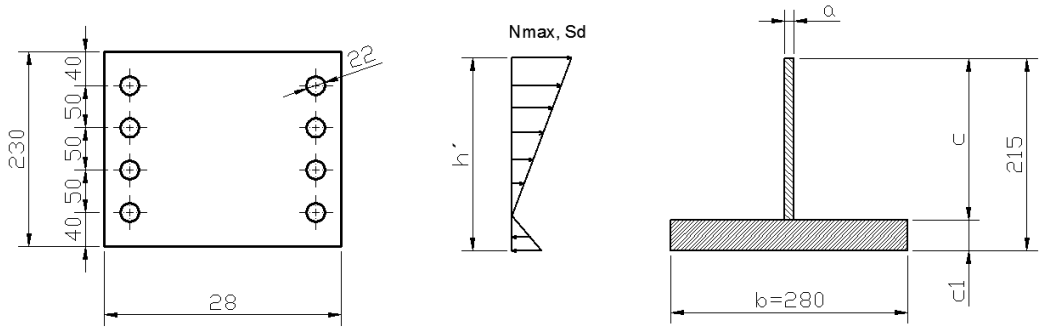
$F_{v,Rd} > F_v \rightarrow$ **CUMPLE**

La comprobación de la resistencia a tracción se realizará a partir de la siguiente expresión:

$$F_{t,Rd} = \frac{0{,}9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \rightarrow$$

$$F_{t,Rd} = \frac{0{,}9 \cdot 800 \cdot 275}{1{,}25} = 158400\ N = 158{,}4\ kN$$

A continuación se procederá a determinar la fibra neutra:



$$a = \frac{A_s}{p} \cdot m = \frac{2{,}75\ cm^2}{5\ cm} \cdot 2 = 1{,}1\ mm$$

$$b = 28\ mm$$

$$\frac{c_1}{c} = \sqrt{\frac{a}{b}} = \sqrt{\frac{1{,}1}{28}} = 0{,}198$$

$$c_1 + c = h' \rightarrow c_1 + c = 21{,}5\ mm$$

$$c = 17{,}95\ cm$$

$$c_1 = 3{,}55\ cm$$

$$I = \frac{a \cdot c^3}{3} + \frac{b \cdot c_1^3}{3} \rightarrow I = \frac{1{,}1 \cdot (17{,}95)^3}{3} + \frac{28 \cdot (3{,}55)^3}{3} = 2538{,}19\ cm^4$$

Deduciendose para los tornillos más solicitados:

$$F_{t,Sd} = N_{max,Sd} = \frac{M_{Sd} \cdot A_s}{I}\left(h' - c_1 - \frac{p}{2}\right) \rightarrow$$

$$F_{t,Sd} = N_{max,Sd} = \frac{12{,}39 \cdot 10^6 \cdot 275}{2538{,}19 \cdot 10^4}\left(215 - 35{,}5 - \frac{50}{2}\right) = 20{,}74\ kN$$

Por lo tanto el esfuerzo máximo al que el tornillo más alejado de la fibra neutra estará sometido será:

$F_{t,Rd} > F_{t,Sd} \rightarrow$ **CUMPLE**

La comprobación de esfueros combinados se realiza según la siguiente expresión:

$$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1{,}4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{10625}{1 \cdot 1 \cdot 0{,}5 \cdot 800 \cdot \frac{275}{1{,}25}} + \frac{20740}{1{,}4 \cdot 0{,}9 \cdot 800 \cdot \frac{275}{1{,}25}} \rightarrow$$

$0{,}213 \leq 1 \rightarrow$ **CUMPLE**

La capacidad de resistencia de la chapa al aplastamiento depende de las distancias de los agujeros a los bordes libres de la placa, de la distancia entre agujeos, medida en la dirección de la fuerza, así como de la lase de esfuerzo sobre las placas. En este caso la chapa de unión tendrá un espesor de 15 mm mientras que el ala del pilar HEB 320 tendrá un espesor de 20,5 mm, por lo que la comporbación se realizará a partir de la chapa de unión.

La resistencia al aplastamiento de la chapa viene dada por la expresión:

$$F_{b,Rd} = \frac{2{,}5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t_{min}}{\gamma_{M2}}$$

Donde;

f_u tensión de rotura del acero de las piezas a unir

D diámetro de la caña

t_{min} es el valor de t1+ t2 siendo t1 el espesor de la chapa de unión y t2 el espesor del ala del pilar HEB 320

γ_{M2} Coeficiente parcial de seguridad del mateial de los tornillos, igual a 1,25

α es igual al menor de los valores siguientes:

$$\frac{e_1}{3 \cdot d_a};\ \frac{p_1}{3 \cdot d_a} - 0{,}25;\ \frac{f_{ub}}{f_u};\ 1$$

Siendo;

f_{ub} tensión de rotura del tornillo

e_1 distancia del agujero al borde de la chapa en la dirección de l fuerza que se transmite

p_1 separación entre agujeros en la dirección de la fuerza que se transmite

d_a diámetro del agujero

En la presete unión a tomara el siguiente valor:

$$\frac{e_1}{3 \cdot d_a} = \frac{40\ mm}{3 \cdot 22\ mm} = 0{,}6$$

$$\frac{p_1}{3 \cdot d_a} - 0{,}25 = \frac{50\ mm}{3 \cdot 22\ mm} - 0{,}25 = \mathbf{0{,}5}$$

$$\frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{410} = 1{,}95$$

1

$$F_{b,Rd} = \frac{2{,}5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t_{min}}{\gamma_{M2}} \rightarrow \frac{2{,}5 \cdot 0{,}5 \cdot 410 \cdot 20 \cdot 35{,}5}{1{,}25} = 291{,}1\ kN$$

291,1 kN > 98,03 kN → **CUMPLE**

Cordón inferior-pilar

Se procederá a la comprobación de la unión del cordón inferior de la celosía y el pilar del mismo modo que se a efecuado la del cordón superior.

El cálculo a cortante se realiza a partir de la siguiente expresión:

$$F_{v,Rd} = n \cdot 0{,}5 \cdot f_{ub} \cdot \frac{A_c}{\gamma_{M2}} = 88\ kN$$

$$F_{v,Sd} = \frac{85}{8} = 10{,}625 kN$$

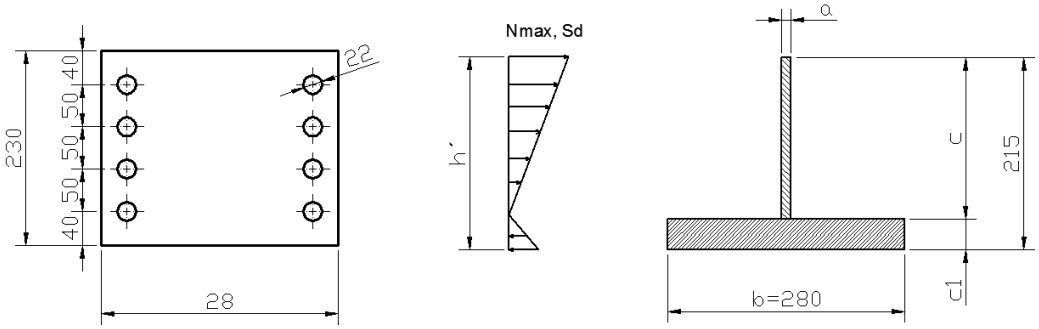
$F_{v,Rd} > F_{v,Sd}$ → **CUMPLE**

La comprobación de la resistencia a tracción se realizará a partir de la siguiente expresión:

$$F_{t,Rd} = \frac{0{,}9 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} \rightarrow$$

$$F_{t,Rd} = \frac{0{,}9 \cdot 800 \cdot 275}{1{,}25} = 158400\ N = 158{,}4\ kN$$

A continuación se procederá a determinar la fibra neutra, de la misma forma que se realizo en el apartado anterior:



$$a = \frac{A_s}{p} \cdot m = \frac{2{,}75\ cm^2}{5\ cm} \cdot 2 = 1{,}1\ mm$$

$$b = 28\ mm$$

$$\frac{c_1}{c} = \sqrt{\frac{a}{b}} = \sqrt{\frac{1{,}1}{28}} = 0{,}198$$

$$c_1 + c = h' \rightarrow c_1 + c = 21{,}5\ mm$$

$$c = 17{,}95\ cm$$

$$c_1 = 3{,}55\ cm$$

$$I = \frac{a \cdot c^3}{3} + \frac{b \cdot c_1^3}{3} \rightarrow I = \frac{1{,}1 \cdot (17{,}95)^3}{3} + \frac{28 \cdot (3{,}55)^3}{3} = 2538{,}19\ cm^4$$

Deduciendose para los tornillos más solicitados:

$$F_{t,Sd} = N_{max,Sd} = \frac{M_{Sd} \cdot A_s}{I}\left(h' - c_1 - \frac{p}{2}\right) \rightarrow$$

$$F_{t,Sd} = N_{max,Sd} = \frac{13{,}18 \cdot 10^6 \cdot 275}{2538{,}19 \cdot 10^4}\left(215 - 35{,}5 - \frac{50}{2}\right) = 22{,}06\ kN$$

$F_{t,Rd} > F_{t,Sd} \rightarrow$ **CUMPLE**

La comprobación de esfuerzos combinados se realiza según la siguiente expresión:

$$\frac{F_{v,Sd}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Sd}}{1{,}4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1$$

$$\frac{10625}{1 \cdot 1 \cdot 0{,}5 \cdot 800 \cdot \frac{275}{1{,}25}} + \frac{22060}{1{,}4 \cdot 0{,}9 \cdot 800 \cdot \frac{275}{1{,}25}} \rightarrow$$

$0{,}22 \leq 1 \rightarrow$ **CUMPLE**

Para el cálculo de la capacidad de resistencia de la chapa al aplastamiento se empleará el espesor de la chapa de unión, que será de 15 mm.

La resistencia al aplastamiento de la chapa viene dada por la expresión

$$F_{b,Rd} = \frac{2{,}5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t_{min}}{\gamma_{M2}}$$

En la preseten unión a tomara el siguiente valor 0,5.

$$F_{b,Rd} = \frac{2{,}5 \cdot \alpha \cdot f_u \cdot d \cdot t_{min}}{\gamma_{M2}} \rightarrow \frac{2{,}5 \cdot 0{,}5 \cdot 410 \cdot 20 \cdot 35{,}5}{1{,}25} = 291{,}1\ kN$$

291,1 kN > 81 kN → **CUMPLE**

Nudo de cumbrera

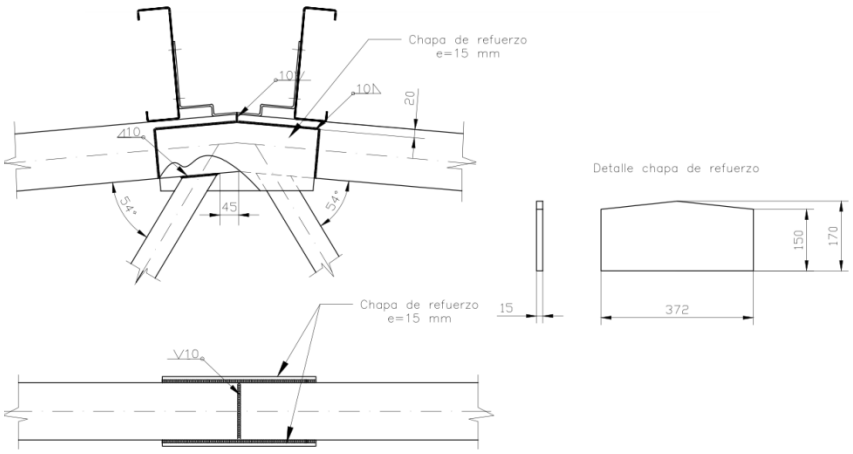


Figura 95. *Unión celosía cumbrera*

Los dos cordones superiores se soldarán en la cumbrera en todo su perímetro, mediante soldadura a tope. La resistencia de cálculo de la soldadura a tope se determinará de la misma forma que la de los cordones en ángulo según el apartado "8.6.2. Resistencia de cálculo de las uniones soldadas en ángulo" del DB-SE-A del CTE. De esta forma, la resistencia del cordón de soldadura en ángulo será suficiente si la resultante de todas las fuerzas transmitidas por el cordón y por unidad de longitud ($F_{W,Ed}$), no supera el valor de su resistencia de cálculo ($F_{W,Rd}$), con independencia de la orientación del cordón.

$$F_{W,Ed} \leq F_{W,Rd} = a \cdot L \cdot f_{vW,d}$$

Siendo;

$f_{vW,d} = \frac{f_u/\sqrt{3}}{\beta_W \cdot \gamma_{M2}}$ Tensión tangencial de cálculo resisteida por la soldadura en cualquier dirección.

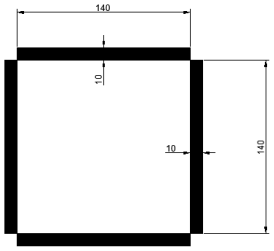
f_u Tensión de rotura de la chapa de menor resistencia de la unión.

β_W Cociente de correlación expresado en la tabla 8.1. en función del tipo de acero.

L Longitud del cordón de soldadura.

a Espesor de la garganta del dordón en ángulo, que será la altura, medida perpendicularmente a la cara exterior. Dicho valor no podrá ser menor que 3 mm.

El cordón deberá ser capaz de soportar una fuerza de tracción de 226,53 kN y un momento de 14,22 kN.m.



Se procederá al cálculo de la soldadura, para ello se aplicará la siguiente formula, calculando la tensión de tracción que se generará:

$$f_{tracción} = \frac{F_{W,Ed}}{a \cdot L} = \frac{226{,}53 \cdot 10^3 N}{7{,}07 \cdot 140 \cdot 4\ mm^2} = 57{,}21\ {}^{N}/_{mm^2}$$

A continuación se calculará la tensiñon de flexión que se produce por el momento flector mediante la siguiente expresión:

$$f_{flexión} = \frac{M_f}{W_{soldadura}}$$

Siendo;

M_f Momento flector

$W_{soldadura}$ Momento resistente de toda la soldadura

Para el cáclulo del momento resistente es necesario aplicar Steinner:

$$I_{soldadura} = 2 \cdot 10 \cdot \frac{140^3}{12} + 2 \cdot \left(140 \cdot \frac{10^3}{12} + (140 \cdot 10 \cdot 75)\right) = 4{,}806 \cdot 10^6\ mm^4$$

$$W_{soldadura} = \frac{4{,}806 \cdot 10^6\ mm^4}{75\ mm} = 64088{,}88\ mm^3$$

$$f_{flexión} = \frac{M_f}{W_{soldadura}} \rightarrow \frac{14{,}22 \cdot 10^6\ N \cdot mm}{64088{,}88\ mm^3} = 221{,}88\ N/mm^2$$

La resultante de la tensión de tracción y la tensión de flexión deberá ser menor que la tensión resistida por la soldadura en cualquier dirección, cuyo valor es el siguiente:

$$f_{vW,d} = \frac{f_u/\sqrt{3}}{\beta_W \cdot \gamma_{M2}} \rightarrow f_{vW,d} = \frac{430/\sqrt{3}}{0{,}85 \cdot 1{,}25} = 233{,}65\ N/mm^2$$

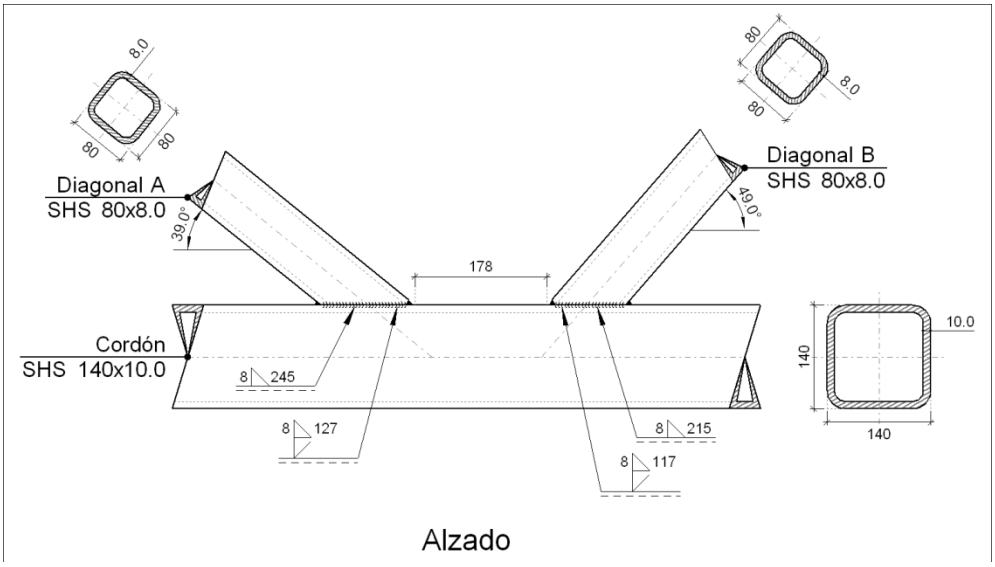
$$f_{resultante} = \sqrt{{f_{tracción}}^2 + {f_{flexión}}^2} = \sqrt{57{,}21^2 + 221{,}88^{\,2}} = 229{,}13\ N/mm^2$$

$229{,}13\ N/mm^2 < 233{,}65\ N/mm^2$ → **CUMPLE**

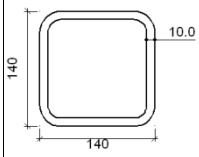
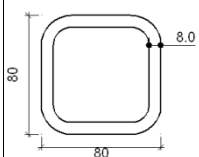
Como se trata de un punto crítico, pese a que la soldadura aguante, se emplearán dos chapas, una a cada lado de la celosía, como refuerzo de la unión. Dichas chapas tendrán un espesor de 15 mm y estarán fabricadas en acero S275.

Nudos: 2 y 10

Detalle



Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Radio de acuerdo interior (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Cordón	SHS 140x10.0		140	140	10	15	S275	275.0	410.0
Diagonal	SHS 80x8.0		80	80	8	12	S275	275.0	410.0

Comprobación

Cordón SHS 140x10.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_o/t_o$)	--	9.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	10.0	2.5	25.0
h_o/b_o	--	1.00	0.50	2.00
b_o/t_o	--	14.00	--	35.00
h_o/t_o	--	14.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	10.590	544.920	1.94
Interacción axil y cortante	--	--	--	17.29

2) Diagonal A SHS 80x8.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_i/t_i$)	--	5.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	38.99	30.00	--
Espaciamiento	mm	178.0	16.0	--
b_i/b_o	--	0.57	0.35	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	10.00	--	35.00
h_i/t_i	--	10.00	--	35.00
g/b_o	--	1.27	0.21	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	147.726	452.255	32.66
Punzonamiento por esfuerzo cortante	kN	147.726	987.660	14.96

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	8	8	127
Soldadura en ángulo	En ángulo	8	--	245
a: Espesor garganta *l: Longitud efectiva*				

Comprobación de resistencia

Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Diagonal B SHS 80x8.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_i/t_i$)	--	5.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	49.01	30.00	--
Espaciamiento	mm	178.0	16.0	--
b_i/b_o	--	0.57	0.35	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	10.00	--	35.00
h_i/t_i	--	10.00	--	35.00
g/b_o	--	1.27	0.21	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	97.543	351.328	27.76
Punzonamiento por esfuerzo cortante	kN	97.543	734.364	13.28

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	8	8	117
Soldadura en ángulo	En ángulo	8	--	215
a: Espesor garganta *l: Longitud efectiva*				

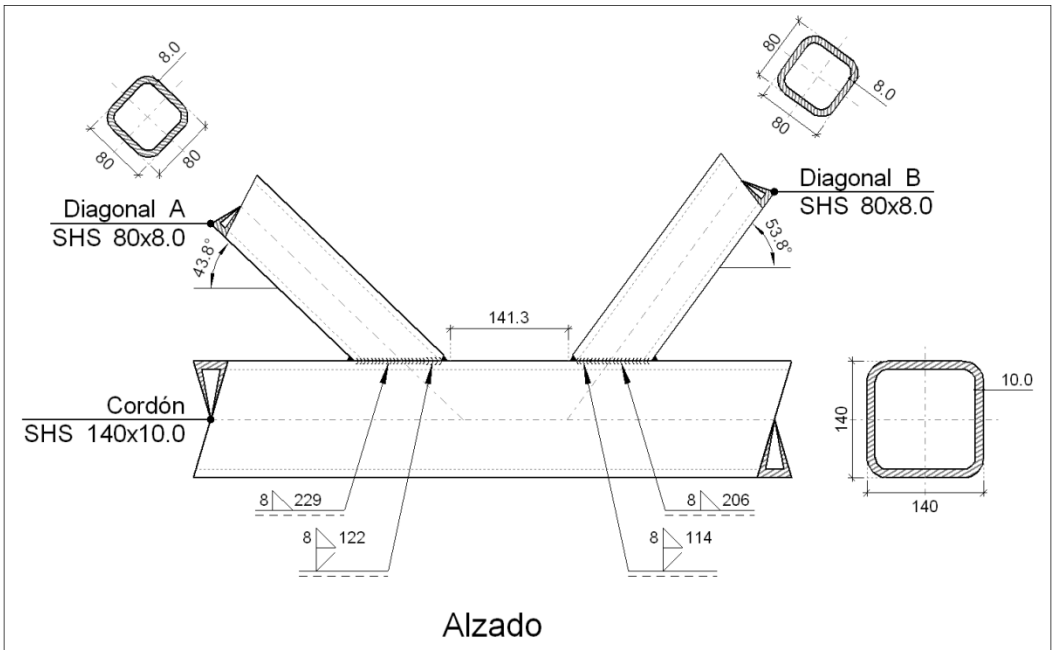
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	8	460
		Combinada a tope en bisel simple y en ángulo	8	245

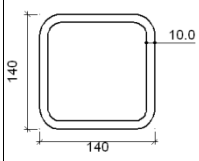
Nudos:3 y 9

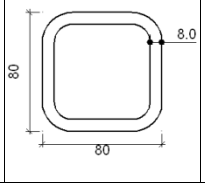
Detalle



Alzado

Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Radio de acuerdo interior (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Cordón	SHS 140x10.0		140	140	10	15	S275	275.0	410.0

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Radio de acuerdo interior (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Diagonal	SHS 80x8.0		80	80	8	12	S275	275.0	410.0

Comprobación

Cordón SHS 140x10.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_o/t_o$)	--	9.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	10.0	2.5	25.0
h_o/b_o	--	1.00	0.50	2.00
b_o/t_o	--	14.00	--	35.00
h_o/t_o	--	14.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	20.662	494.526	4.18
Interacción axil y cortante	--	--	--	18.42

Diagonal A SHS 80x8.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_i/t_i$)	--	5.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	43.76	30.00	--
Espaciamiento	mm	141.3	16.0	--
b_i/b_o	--	0.57	0.35	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	10.00	--	35.00
h_i/t_i	--	10.00	--	35.00
g/b_o	--	1.01	0.21	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	86.987	396.249	21.95
Punzonamiento por esfuerzo cortante	kN	86.987	845.887	10.28

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	8	8	122
Soldadura en ángulo	En ángulo	8	--	229

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\|\|}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Diagonal B SHS 80x8.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_i/t_i$)	--	5.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	53.77	30.00	--
Espaciamiento	mm	141.3	16.0	--
b_i/b_o	--	0.57	0.35	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	10.00	--	35.00
h_i/t_i	--	10.00	--	35.00
g/b_o	--	1.01	0.21	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	50.114	320.982	15.61
Punzonamiento por esfuerzo cortante	kN	50.114	660.290	7.59

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	8	8	114
Soldadura en ángulo	En ángulo	8	--	206

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
a: Espesor garganta *l: Longitud efectiva*				

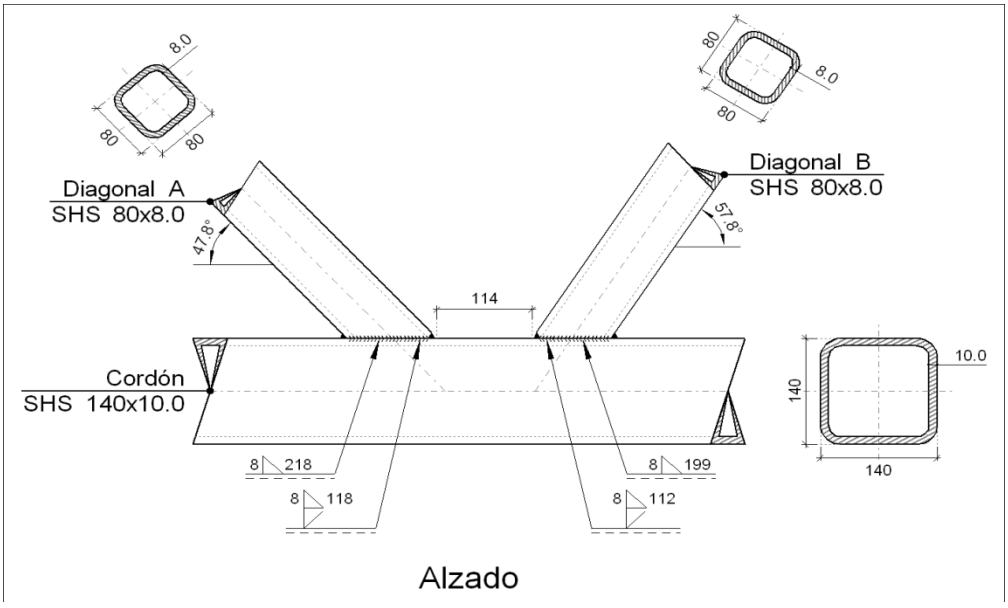
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Medición

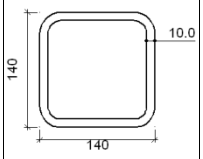
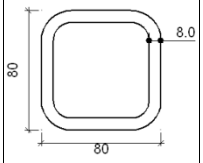
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	8	434
		Combinada a tope en bisel simple y en ángulo	8	236

Nudos: 4 y 8

Detalle



Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Radio de acuerdo interior (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Cordón	SHS 140x10.0		140	140	10	15	S275	275.0	410.0
Diagonal	SHS 80x8.0		80	80	8	12	S275	275.0	410.0

Comprobación

Cordón SHS 140x10.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_o/t_o$)	--	9.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	10.0	2.5	25.0
h_o/b_o	--	1.00	0.50	2.00
b_o/t_o	--	14.00	--	35.00
h_o/t_o	--	14.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	19.269	458.269	4.20
Interacción axil y cortante	--	--	--	19.25

Diagonal A SHS 80x8.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_i/t_i$)	--	5.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	47.77	30.00	--
Espaciamiento	mm	114.0	16.0	--

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
b_i/b_o	--	0.57	0.35	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	10.00	--	35.00
h_i/t_i	--	10.00	--	35.00
g/b_o	--	0.81	0.21	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	47.534	360.710	13.18
Punzonamiento por esfuerzo cortante	kN	47.534	757.480	6.28

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	8	8	118
Soldadura en ángulo	En ángulo	8	--	218
a: Espesor garganta *l: Longitud efectiva*				

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Diagonal B SHS 80x8.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_i/t_i$)	--	5.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	57.78	30.00	--
Espaciamiento	mm	114.0	16.0	--
b_i/b_o	--	0.57	0.35	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	10.00	--	35.00
h_i/t_i	--	10.00	--	35.00
g/b_o	--	0.81	0.21	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	34.845	301.068	11.57
Punzonamiento por esfuerzo cortante	kN	34.845	612.298	5.69

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	8	8	112
Soldadura en ángulo	En ángulo	8	--	199
a: Espesor garganta *l: Longitud efectiva*				

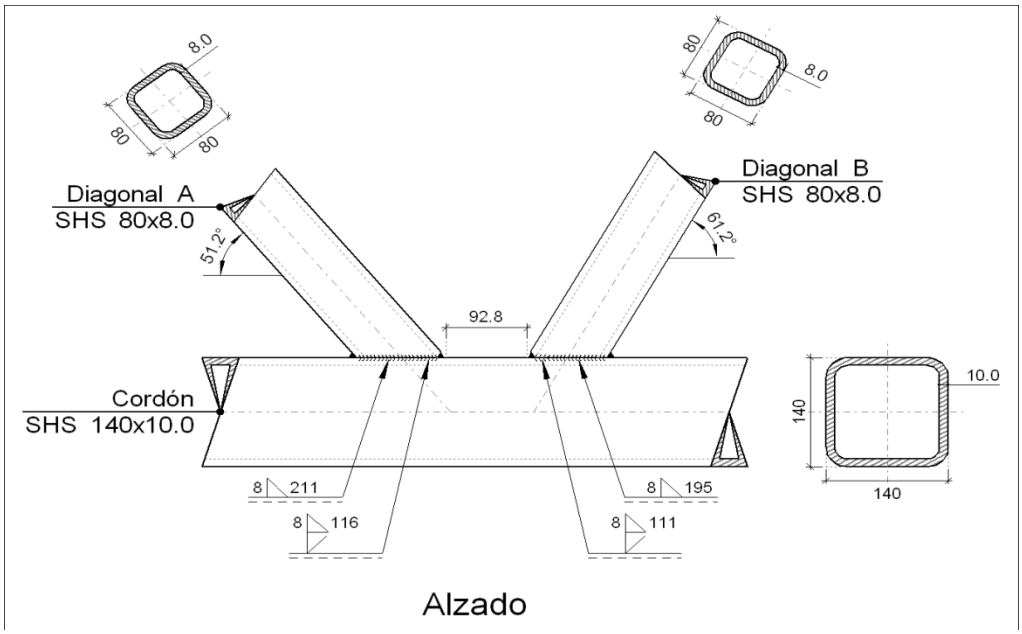
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Medición

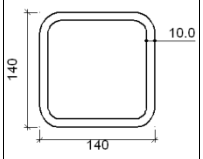
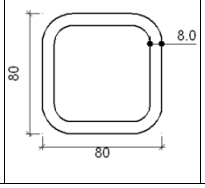
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	8	418
		Combinada a tope en bisel simple y en ángulo	8	230

Nudos: 5 y 7

Detalle



Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Radio de acuerdo interior (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Cordón	SHS 140x10.0		140	140	10	15	S275	275.0	410.0
Diagonal	SHS 80x8.0		80	80	8	12	S275	275.0	410.0

Comprobación

Cordón SHS 140x10.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_o/t_o$)	--	9.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	10.0	2.5	25.0
h_o/b_o	--	1.00	0.50	2.00

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
b_o/t_o	--	14.00	--	35.00
h_o/t_o	--	14.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	33.634	430.981	7.80
Interacción axil y cortante	--	--	--	18.87

Diagonal A SHS 80x8.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_i/t_i$)	--	5.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	51.15	30.00	--
Espaciamiento	mm	92.8	16.0	--
b_i/b_o	--	0.57	0.35	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	10.00	--	35.00
h_i/t_i	--	10.00	--	35.00
g/b_o	--	0.66	0.21	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	33.639	336.659	9.99
Punzonamiento por esfuerzo cortante	kN	33.639	698.421	4.82

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	8	8	116
Soldadura en ángulo	En ángulo	8	--	211

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Diagonal B SHS 80x8.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_i/t_i$)	--	5.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	61.17	30.00	--
Espaciamiento	mm	92.8	16.0	--
b_i/b_o	--	0.57	0.35	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	10.00	--	35.00
h_i/t_i	--	10.00	--	35.00
g/b_o	--	0.66	0.21	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	50.858	287.369	17.70
Punzonamiento por esfuerzo cortante	kN	50.858	579.590	8.77

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	8	8	111
Soldadura en ángulo	En ángulo	8	--	195

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

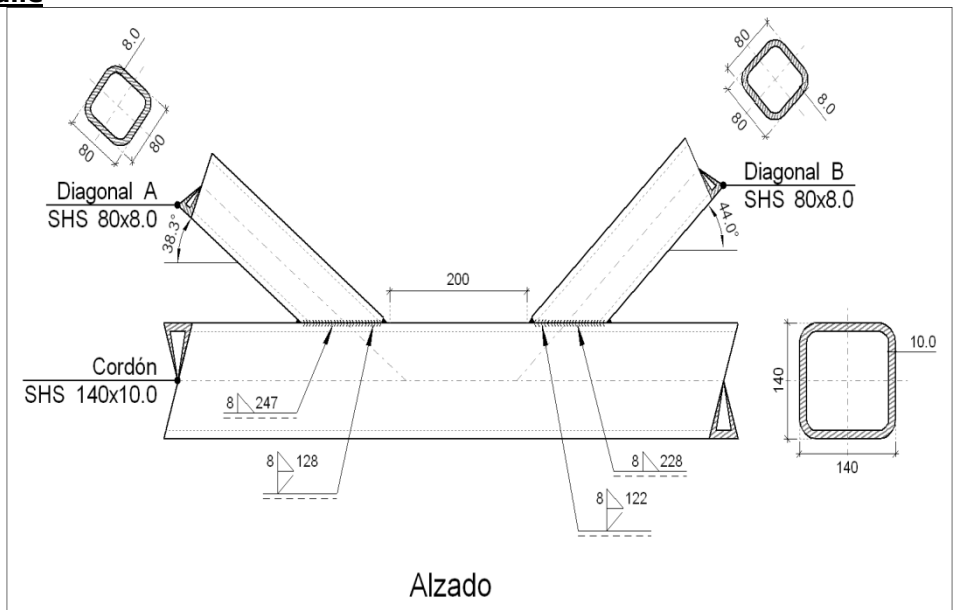
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Medición

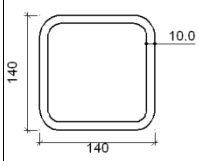
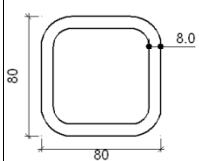
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	8	406
		Combinada a tope en bisel simple y en ángulo	8	227

Nudos: 13 y 22

Detalle



Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Radio de acuerdo interior (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Cordón	SHS 140x10.0		140	140	10	15	S275	275.0	410.0
Diagonal	SHS 80x8.0		80	80	8	12	S275	275.0	410.0

Comprobación

Cordón SHS 140x10.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_o/t_o$)	--	9.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	10.0	2.5	25.0
h_o/b_o	--	1.00	0.50	2.00
b_o/t_o	--	14.00	--	35.00
h_o/t_o	--	14.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	9.561	575.177	1.66
Interacción axil y cortante	--	--	--	15.85

Diagonal A SHS 80x8.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_i/t_i$)	--	5.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	38.33	30.00	--
Espaciamiento	mm	200.0	16.0	--
b_i/b_o	--	0.57	0.35	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	10.00	--	35.00
h_i/t_i	--	10.00	--	35.00
g/b_o	--	1.43	0.21	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	116.338	461.651	25.20
Punzonamiento por esfuerzo cortante	kN	116.338	1011.711	11.50

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	8	8	128
Soldadura en ángulo	En ángulo	8	--	247
a: Espesor garganta *l: Longitud efectiva*				

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Diagonal B SHS 80x8.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_i/t_i$)	--	5.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	44.00	30.00	--
Espaciamiento	mm	200.0	16.0	--
b_i/b_o	--	0.57	0.35	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	10.00	--	35.00
h_i/t_i	--	10.00	--	35.00
g/b_o	--	1.43	0.21	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	109.220	393.848	27.73
Punzonamiento por esfuerzo cortante	kN	109.220	839.876	13.00

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	8	8	122
Soldadura en ángulo	En ángulo	8	--	228

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

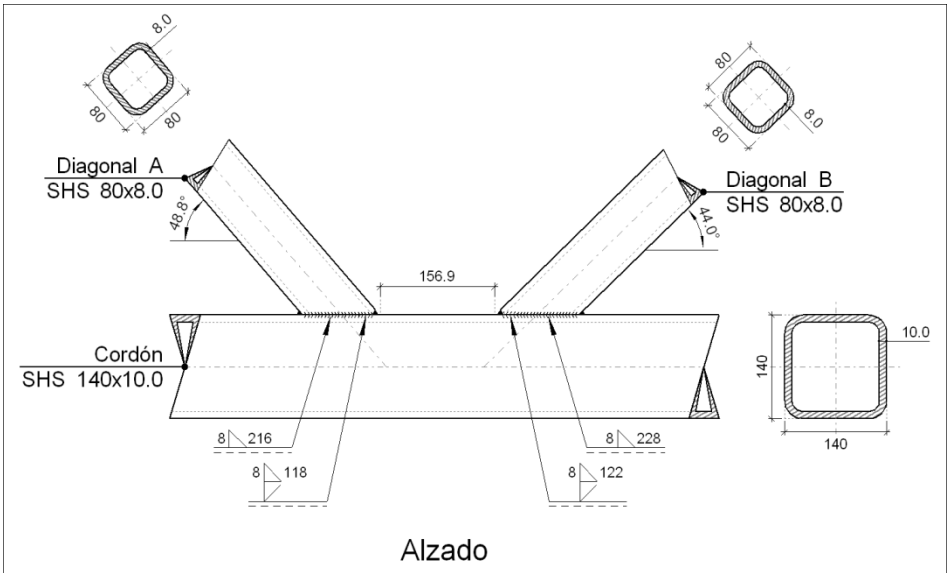
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	8	475
		Combinada a tope en bisel simple y en ángulo	8	250

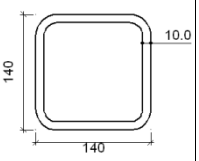
Nudos: 14 y 21

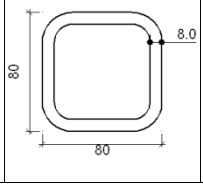
Detalle



Alzado

Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Radio de acuerdo interior (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Cordón	SHS 140x10.0		140	140	10	15	S275	275.0	410.0

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Radio de acuerdo interior (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Diagonal	SHS 80x8.0		80	80	8	12	S275	275.0	410.0

Comprobación

Cordón SHS 140x10.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_o/t_o$)	--	9.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	10.0	2.5	25.0
h_o/b_o	--	1.00	0.50	2.00
b_o/t_o	--	14.00	--	35.00
h_o/t_o	--	14.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	1.696	514.936	0.33
Interacción axil y cortante	--	--	--	15.52

Diagonal A SHS 80x8.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_i/t_i$)	--	5.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	48.77	30.00	--
Espaciamiento	mm	156.9	16.0	--
b_i/b_o	--	0.57	0.35	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	10.00	--	35.00
h_i/t_i	--	10.00	--	35.00
g/b_o	--	1.12	0.21	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	86.833	353.098	24.59
Punzonamiento por esfuerzo cortante	kN	86.833	738.719	11.75

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	8	8	118
Soldadura en ángulo	En ángulo	8	--	216

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Diagonal B SHS 80x8.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_i/t_i$)	--	5.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	44.00	30.00	--
Espaciamiento	mm	156.9	16.0	--
b_i/b_o	--	0.57	0.35	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	10.00	--	35.00
h_i/t_i	--	10.00	--	35.00
g/b_o	--	1.12	0.21	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	97.673	393.848	24.80
Punzonamiento por esfuerzo cortante	kN	97.673	839.876	11.63

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	8	8	122
Soldadura en ángulo	En ángulo	8	--	228

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
a: Espesor garganta *l: Longitud efectiva*				

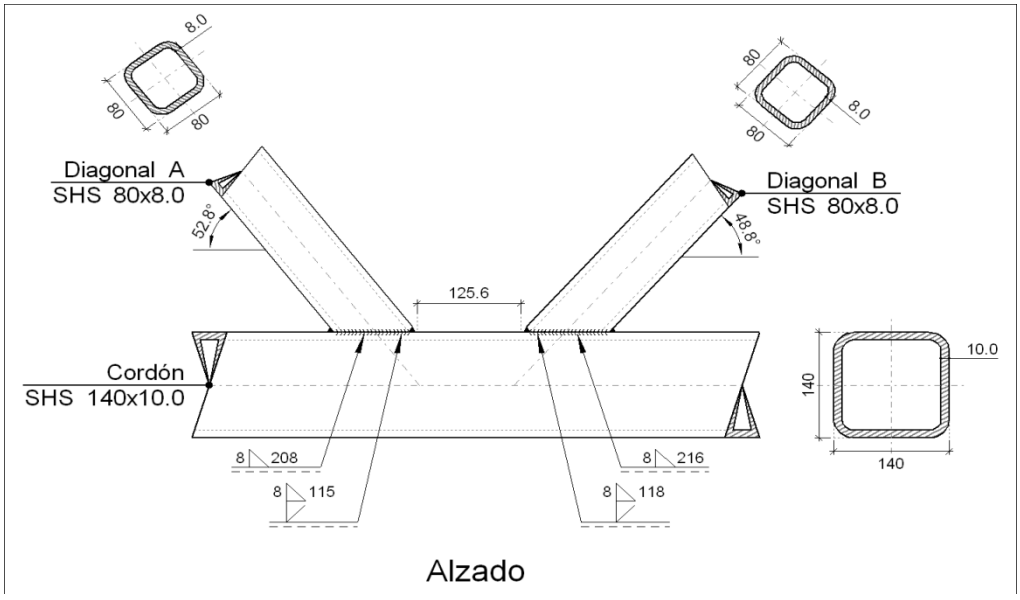
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Medición

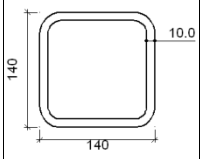
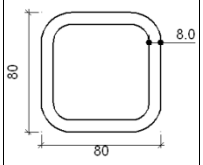
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	8	444
		Combinada a tope en bisel simple y en ángulo	8	239

Nudos: 15 y 20

Detalle



Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Radio de acuerdo interior (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Cordón	SHS 140x10.0		140	140	10	15	S275	275.0	410.0
Diagonal	SHS 80x8.0		80	80	8	12	S275	275.0	410.0

Comprobación

Cordón SHS 140x10.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_o/t_o$)	--	9.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	10.0	2.5	25.0
h_o/b_o	--	1.00	0.50	2.00
b_o/t_o	--	14.00	--	35.00
h_o/t_o	--	14.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	1.903	472.816	0.40
Interacción axil y cortante	--	--	--	15.66

Diagonal A SHS 80x8.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_i/t_i$)	--	5.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	52.77	30.00	--
Espaciamiento	mm	125.6	16.0	--

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
b_i/b_o	--	0.57	0.35	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	10.00	--	35.00
h_i/t_i	--	10.00	--	35.00
g/b_o	--	0.90	0.21	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	47.357	326.688	14.50
Punzonamiento por esfuerzo cortante	kN	47.357	674.136	7.02

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	8	8	115
Soldadura en ángulo	En ángulo	8	--	208
a: Espesor garganta *l: Longitud efectiva*				

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Diagonal B SHS 80x8.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_i/t_i$)	--	5.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	48.77	30.00	--
Espaciamiento	mm	125.6	16.0	--
b_i/b_o	--	0.57	0.35	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	10.00	--	35.00
h_i/t_i	--	10.00	--	35.00

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
g/b_o	--	0.90	0.21	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	50.267	353.098	14.24
Punzonamiento por esfuerzo cortante	kN	50.267	738.719	6.80

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	8	8	118
Soldadura en ángulo	En ángulo	8	--	216
a: Espesor garganta *l: Longitud efectiva*				

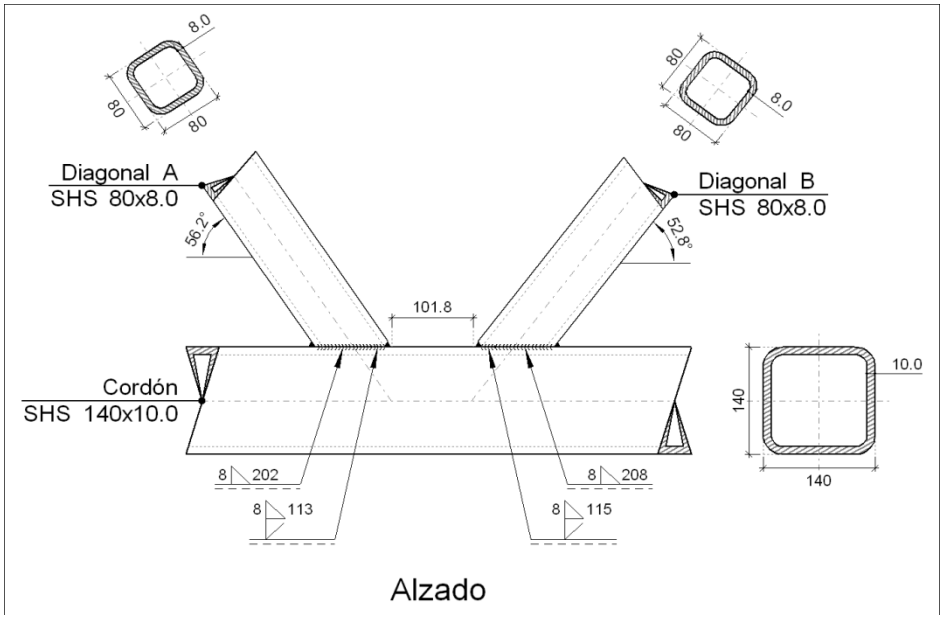
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Medición

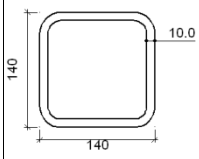
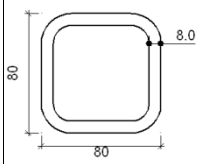
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	8	423
		Combinada a tope en bisel simple y en ángulo	8	232

Nudos: 16 y 19

Detalle



Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Radio de acuerdo interior (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Cordón	SHS 140x10.0		140	140	10	15	S275	275.0	410.0
Diagonal	SHS 80x8.0		80	80	8	12	S275	275.0	410.0

Comprobación

Cordón SHS 140x10.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_o/t_o$)	--	9.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	10.0	2.5	25.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
h_o/b_o	--	1.00	0.50	2.00
b_o/t_o	--	14.00	--	35.00
h_o/t_o	--	14.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	2.054	441.774	0.47
Interacción axil y cortante	--	--	--	16.76

Diagonal A SHS 80x8.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_i/t_i$)	--	5.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	56.16	30.00	--
Espaciamiento	mm	101.8	16.0	--
b_i/b_o	--	0.57	0.35	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	10.00	--	35.00
h_i/t_i	--	10.00	--	35.00
g/b_o	--	0.73	0.21	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	33.438	308.604	10.84
Punzonamiento por esfuerzo cortante	kN	33.438	630.398	5.30

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	8	8	113
Soldadura en ángulo	En ángulo	8	--	202

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Diagonal B SHS 80x8.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_i/t_i$)	--	5.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	52.77	30.00	--
Espaciamiento	mm	101.8	16.0	--
b_i/b_o	--	0.57	0.35	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	10.00	--	35.00
h_i/t_i	--	10.00	--	35.00
g/b_o	--	0.73	0.21	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	35.022	326.688	10.72
Punzonamiento por esfuerzo cortante	kN	35.022	674.136	5.20

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	8	8	115
Soldadura en ángulo	En ángulo	8	--	208

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

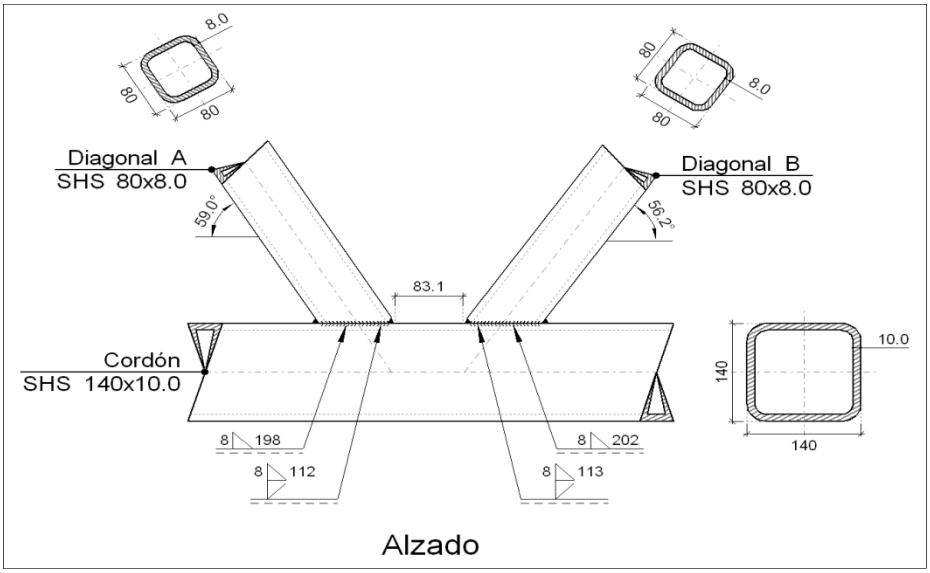
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Medición

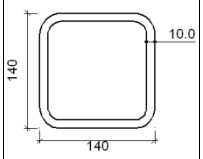
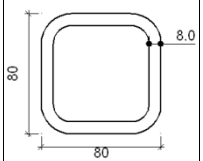
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	8	409
		Combinada a tope en bisel simple y en ángulo	8	228

Nudos: 17 y 18

Detalle



Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Radio de acuerdo interior (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Cordón	SHS 140x10.0		140	140	10	15	S275	275.0	410.0
Diagonal	SHS 80x8.0		80	80	8	12	S275	275.0	410.0

Comprobación

Cordón SHS 140x10.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_o/t_o$)	--	9.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	10.0	2.5	25.0
h_o/b_o	--	1.00	0.50	2.00
b_o/t_o	--	14.00	--	35.00
h_o/t_o	--	14.00	--	35.00

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	1.401	417.981	0.34
Interacción axil y cortante	--	--	--	16.65

Diagonal A SHS 80x8.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_i/t_i$)	--	5.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	59.04	30.00	--
Espaciamiento	mm	83.1	16.0	--
b_i/b_o	--	0.57	0.35	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	10.00	--	35.00
h_i/t_i	--	10.00	--	35.00
g/b_o	--	0.59	0.21	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	37.712	431.522	8.74
Punzonamiento por esfuerzo cortante	kN	37.712	599.417	6.29

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	8	8	112
Soldadura en ángulo	En ángulo	8	--	198

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Diagonal B SHS 80x8.0

Comprobaciones geométricas				
Comprobación	Unidades	Calculado	Límites	
			Mínimo	Máximo
Límite elástico	MPa	275.0	--	460.0
Clase de sección ($Cmáx_i/t_i$)	--	5.00	--	30.51 (Clase 1)
Espesor	mm	8.0	2.5	25.0
Ángulo	grados	56.16	30.00	--
Espaciamiento	mm	83.1	16.0	--
b_i/b_o	--	0.57	0.35	1.00
h_i/b_i	--	1.00	0.50	2.00
b_i/t_i	--	10.00	--	35.00
h_i/t_i	--	10.00	--	35.00
g/b_o	--	0.59	0.21	--

Comprobaciones de resistencia				
Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Plastificación del cordón	kN	37.814	445.505	8.49
Punzonamiento por esfuerzo cortante	kN	37.814	630.398	6.00

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas				
Ref.	Tipo	a (mm)	Preparación de bordes (mm)	l (mm)
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	A tope en bisel simple y en ángulo	8	8	113
Soldadura en ángulo	En ángulo	8	--	202

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura combinada a tope en bisel simple y en ángulo	La combinación de soldadura en bisel y soldadura en ángulo genera un cordón cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm²)	β_w
	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	$\tau_\perp$ (N/mm²)	$\tau_{\parallel}$ (N/mm²)	Valor (N/mm²)	Aprov. (%)	$\sigma_\perp$ (N/mm²)	Aprov. (%)		
Soldadura en ángulo	Se adopta el espesor de garganta cuya resistencia es igual a la menor resistencia de las piezas a unir.							410.0	0.85

Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	8	400
		Combinada a tope en bisel simple y en ángulo	8	225

3.2.12. PLACAS DE ANCLAJE

La función de los pilares es transmitir las cargas al terreno a través de la cimentación. Como las tensiones de trabajo del hormigón son muy inferiores a las del acero, es necesario el uso de placas para realizar el asiento. La función de dichas placas es repartir la carga de manera que la presión sobre el hormigón no rebase el valor máximo admisible, además de asegurar un empotramiento perfecto en la unión entre el pilar y la cimentación.

La unión con la zapata se efectuará mediante pernos de anclaje, con sus correspondientes tuercas, embebidos en el hormigón. Desplazando las tuercas bajo la placa de asiento, se aplomara y nivelará el pilar. Una vez nivelado, se verterá una capa de mortero, para cuya compactación se realizarán taladros de unos 50 milimetros de diámetro en la placa de asiento. Finalmente, el pilar se fijará a la zapata apretando las tuercas de anclaje.

Las placas de anclaje y los rigidizadores empleados serán de acero S275 y los pernos serán barras corrugadas de acero B500S en diferentes diámetros.

Las soluciones construcctivas llevadas a cabo se basan en lo estableticos en el libro **“La estructura metálica de hoy”** de **R. Argüelles**, respetando siempre los requisitos que impone el CTE.

3.2.12.1. Agrupación

Con el fin de facilitar el trabajo a los operarios se han agrupado las placas de anclaje de los pilares en los siguientes 5 grupos:

- Grupo 1
- Grupo 2
- Grupo 3
- Grupo 4
- Grupo 5

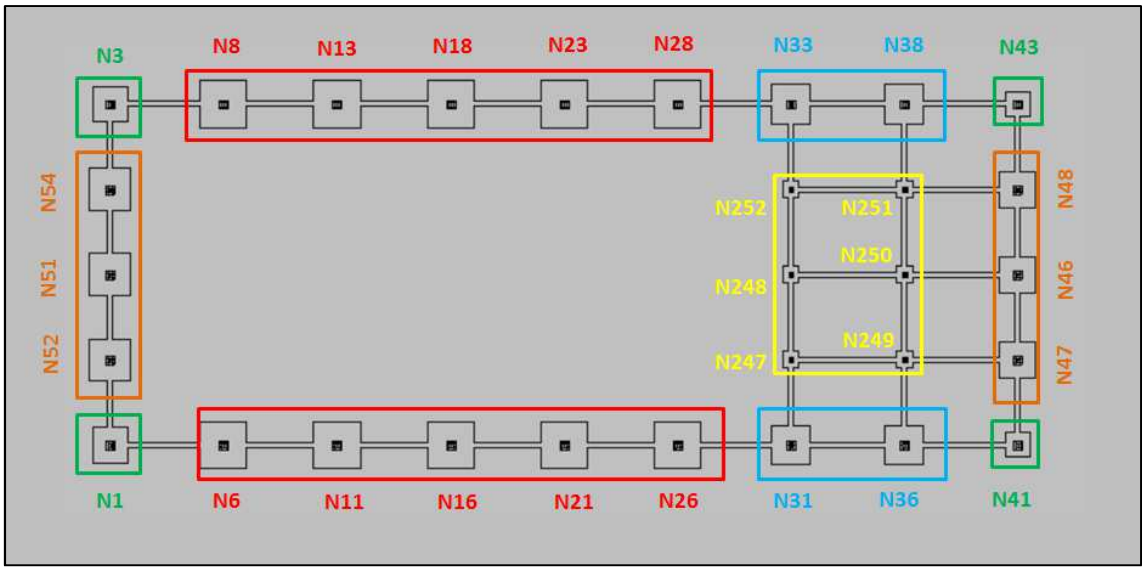


Figura 96. *Agrupación de las placas de anclaje*

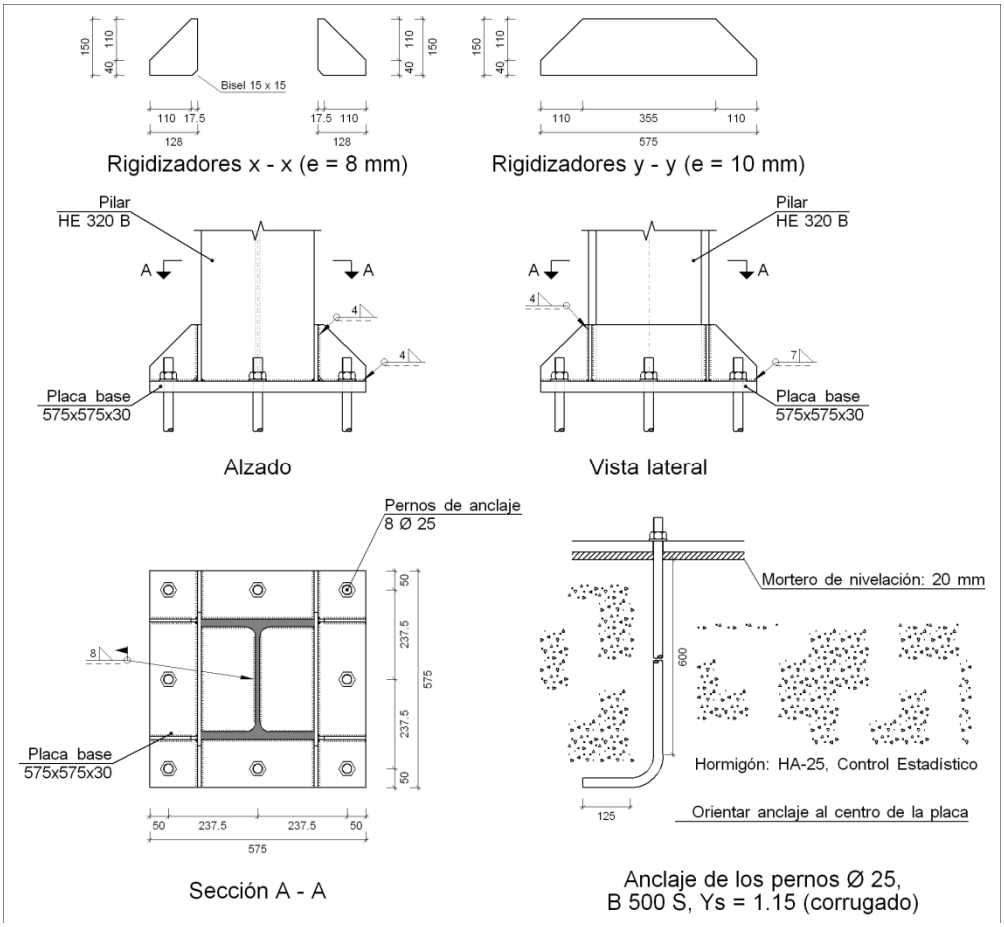
Grupo	Nudos	Placa base	Rigidizadores	Pernos
Grupo 1	N6,N8,N11,N13, N16,N18,N21, N23,N26,N28	Ancho X: 575 mm Ancho Y: 575 mm e=30 mm	Paralelos X: 2(150x40x8) Paralelos Y: 2(150x40x10)	8ø25, L=60 cm Patilla a 90º
Grupo 2	N31,N33,N36, N38	Ancho X: 500 mm Ancho Y: 550 mm e=20 mm	Paralelos X: 2(150x40x7) Paralelos Y: 2(150x40x7)	8ø25, L=60 cm Patilla a 90º
Grupo 3	N1,N3,N41,N43	Ancho X: 550 mm Ancho Y: 550 mm e=20 mm	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(150x40x7)	4ø25, L=50 cm Patilla a 90º
Grupo 4	N46,N47,N48, N51,N52,N54	Ancho X: 500 mm Ancho Y: 500 mm e=36 mm	Paralelos X: 2(150x40x8) Paralelos Y: 2(150x40x10)	8ø25, L=60 cm Patilla a 90º
Grupo 5	N247,N248, N249,N250, N251, N252	Ancho X: 300 mm Ancho Y: 300 mm e=20 mm	Paralelos X: - Paralelos Y: 2(100x30x5)	4ø16, L=50 cm Patilla a 90º

3.2.12.2. Comprobación

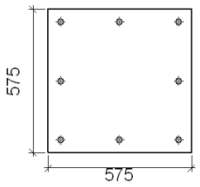
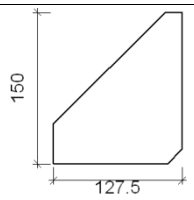
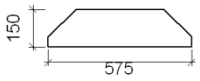
A continuación, se adjuntan los listados que CYPE ofrece acerca de las comprobaciones de las placas de anclaje. Al igual que ocurría con las comporbaciones de las barras, dado el largo alzance de los listados, se mostrarán unicamente las comprobaciones para la placa más desfavorable de cada uno de los 5 grupos.

3.2.12.2.1. Grupo 1

DETALLE



COMPONENTES DE LA UNIÓN

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		575	575	30	8	25	S275	275.0	410.0
Rigidizador		127.5	150	8	-	-	S275	275.0	410.0
Rigidizador		575	150	10	-	-	S275	275.0	410.0

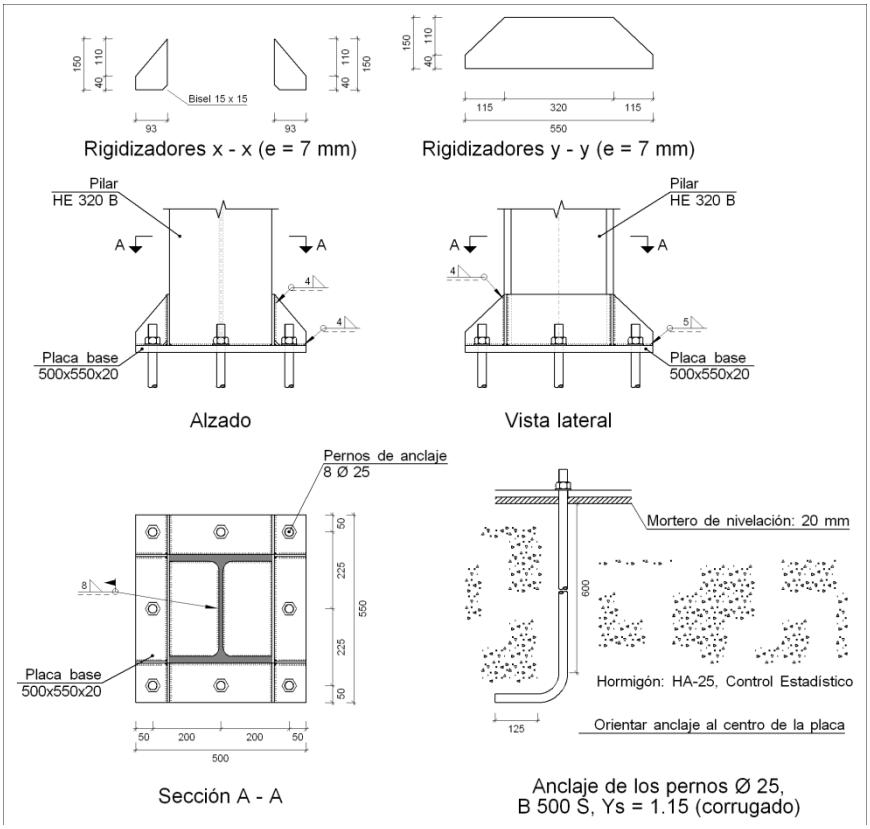
COMPROBACIÓN DE LA PLACA

Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: *3 diámetros*	Mínimo: 75 mm Calculado: 238 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: *1.5 diámetros*	Mínimo: 37 mm Calculado: 78 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: *1.5 diámetros*	Mínimo: 37 mm Calculado: 50 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a X: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 44.1 Calculado: 34.1	 Cumple Cumple
Longitud mínima del perno: *Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.*	Mínimo: 28 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	 Máximo: 166.68 kN Calculado: 146.33 kN Máximo: 116.68 kN Calculado: 9.73 kN Máximo: 166.68 kN Calculado: 160.24 kN	 Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 156.15 kN Calculado: 138.88 kN	Cumple

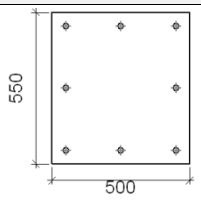
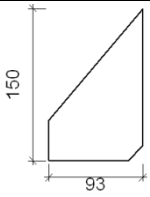
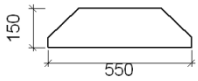
Comprobación	Valores	Estado
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 284.272 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: *Límite del cortante en un perno actuando contra la placa*	Máximo: 392.86 kN Calculado: 9.19 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 98.0731 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 69.7889 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 170.211 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 175.606 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: *Limitación de la deformabilidad de los vuelos*	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 10535.9	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 15375.4	Cumple
- Arriba:	Calculado: 6111.85	Cumple
- Abajo:	Calculado: 6069.51	Cumple
Tensión de Von Mises local: *Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo*	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 225.091 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

3.2.12.2.2. Grupo 2

DETALLE



COMPONENTES DE LA UNIÓN

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_v (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		500	550	20	8	25	S275	275.0	410.0
Rigidizador		93	150	7	-	-	S275	275.0	410.0
Rigidizador		550	150	7	-	-	S275	275.0	410.0

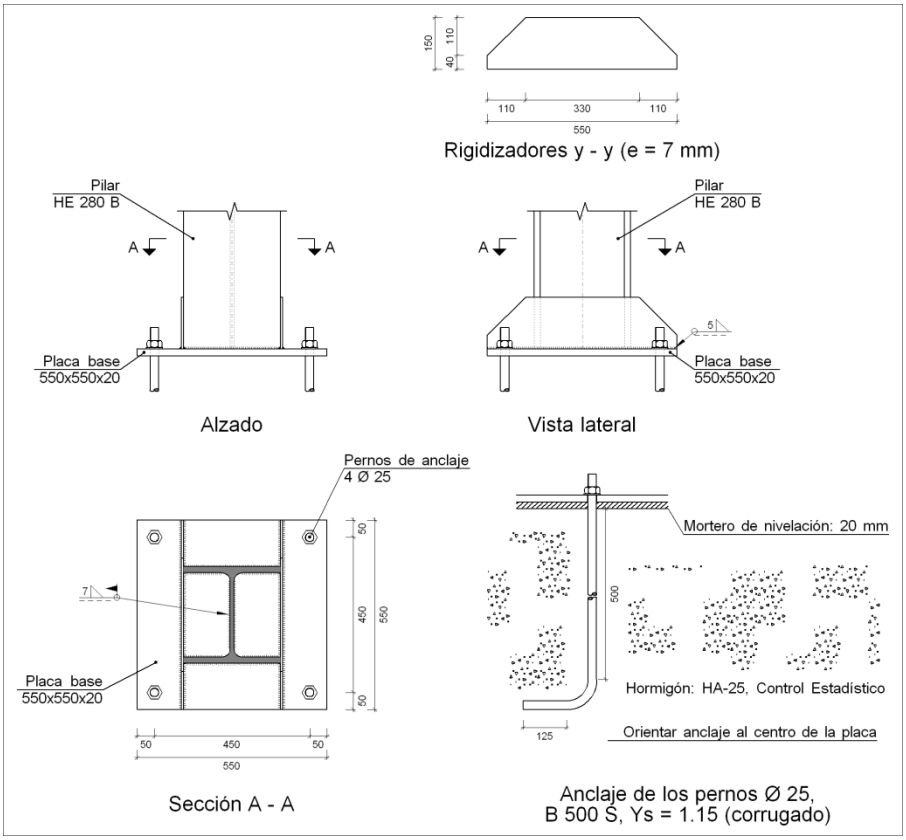
COMPROBACIÓN DE LA PLACA

Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: *3 diámetros*	Mínimo: 75 mm Calculado: 200 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: *1.5 diámetros*	Mínimo: 37 mm Calculado: 44 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: *1.5 diámetros*	Mínimo: 37 mm Calculado: 50 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a X: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 44.6 Calculado: 46.8	 Cumple Cumple
Longitud mínima del perno: *Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.*	Mínimo: 28 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	 Máximo: 166.68 kN Calculado: 91.4 kN Máximo: 116.68 kN Calculado: 9.93 kN Máximo: 166.68 kN Calculado: 105.57 kN	 Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 156.15 kN Calculado: 86.7 kN	Cumple

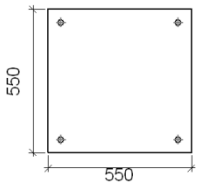
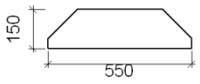
Comprobación	Valores	Estado
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 179.569 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: *Límite del cortante en un perno actuando contra la placa*	Máximo: 261.9 kN Calculado: 9.1 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 37.3333 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 54.2683 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 151.785 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 147.877 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: *Limitación de la deformabilidad de los vuelos*	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 46176	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 36032.8	Cumple
- Arriba:	Calculado: 7809.33	Cumple
- Abajo:	Calculado: 8037.44	Cumple
Tensión de Von Mises local: *Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo*	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 219.056 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

3.2.12.2.3. Grupo 3

DETALLE



COMPONENTES DE LA UNIÓN

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		550	550	20	4	25	S275	275.0	410.0
Rigidizador		550	150	7	-	-	S275	275.0	410.0

4.

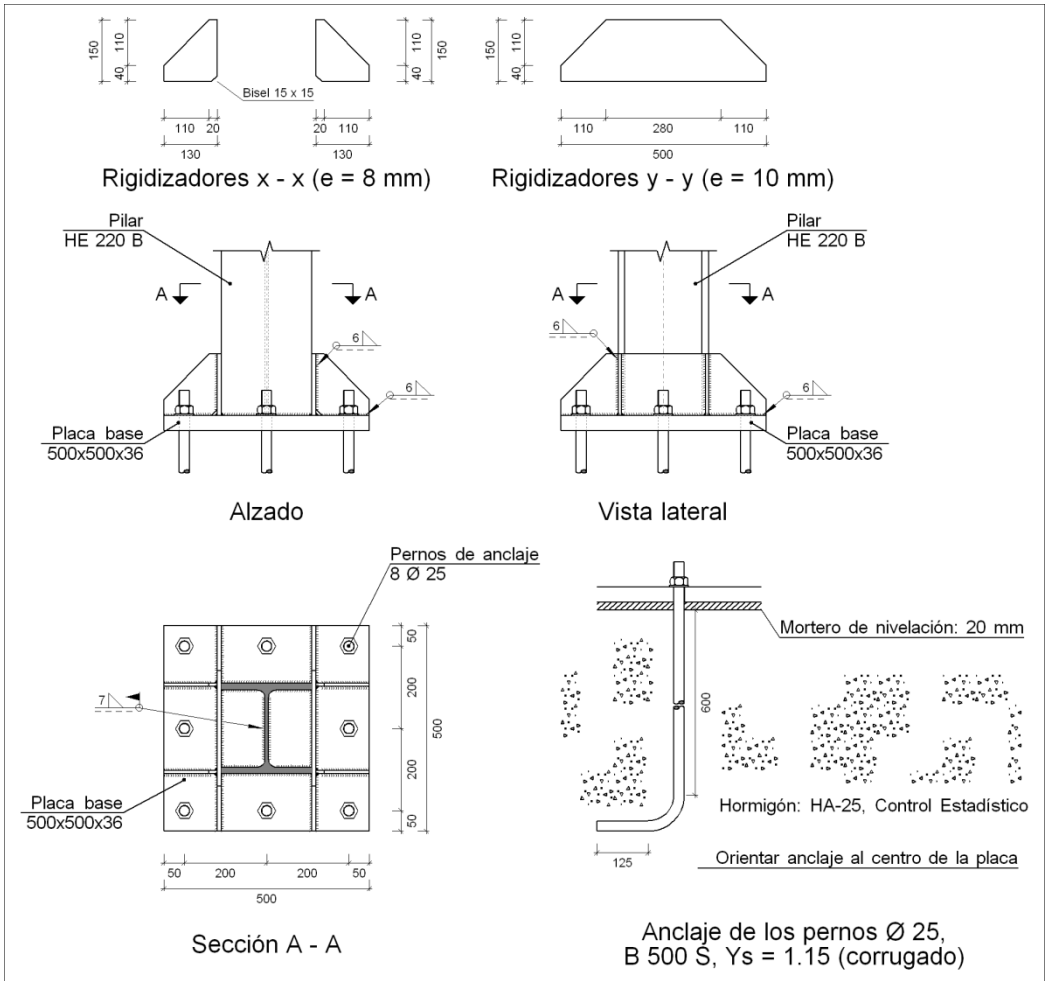
COMPROBACIÓN DE LA PLACA

Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: *3 diámetros*	Mínimo: 75 mm Calculado: 451 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: *1.5 diámetros*	Mínimo: 37 mm Calculado: 79 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: *1.5 diámetros*	Mínimo: 37 mm Calculado: 50 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 49.9	Cumple
Longitud mínima del perno: *Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.*	Mínimo: 28 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	 Máximo: 138.9 kN Calculado: 119.38 kN Máximo: 97.23 kN Calculado: 9.83 kN Máximo: 138.9 kN Calculado: 133.43 kN	 Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 156.15 kN Calculado: 112.67 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 231.894 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: *Límite del cortante en un perno actuando contra la placa*	Máximo: 261.9 kN Calculado: 9.21 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda:	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 207.118 MPa Calculado: 161.846 MPa	 Cumple Cumple

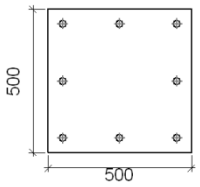
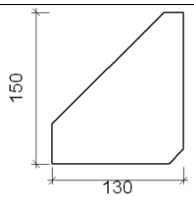
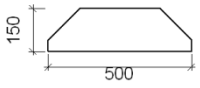
Comprobación	Valores	Estado
- Arriba:	Calculado: 159.417 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 171.083 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: *Limitación de la deformabilidad de los vuelos*	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 770.488	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 724.229	Cumple
- Arriba:	Calculado: 5687.07	Cumple
- Abajo:	Calculado: 5292.3	Cumple
Tensión de Von Mises local: *Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo*	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

3.2.12.2.4. Grupo 4

DETALLE



COMPONENTES DE LA UNIÓN

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		500	500	36	8	25	S275	275.0	410.0
Rigidizador		130	150	8	-	-	S275	275.0	410.0
Rigidizador		500	150	10	-	-	S275	275.0	410.0

5.

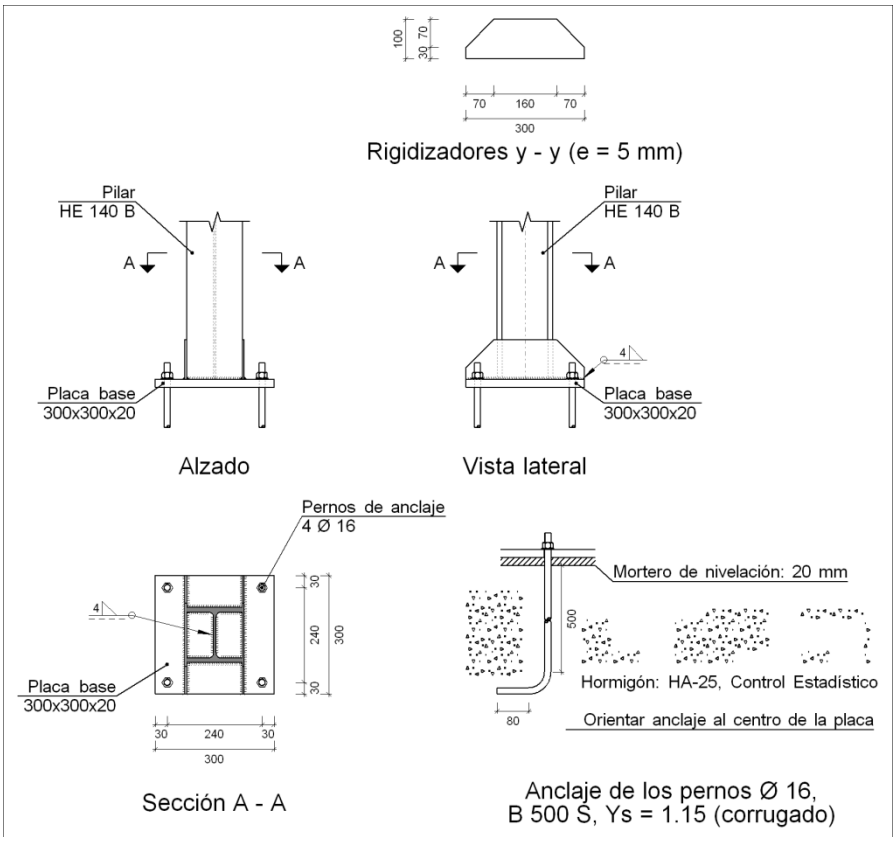
COMPROBACIÓN DE LA PLACA

Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: *3 diámetros*	Mínimo: 75 mm Calculado: 200 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: *1.5 diámetros*	Mínimo: 37 mm Calculado: 81 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: *1.5 diámetros*	Mínimo: 37 mm Calculado: 50 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a X: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 44.4 Calculado: 35.5	 Cumple Cumple
Longitud mínima del perno: *Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.*	Mínimo: 28 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	 Máximo: 166.68 kN Calculado: 114.73 kN Máximo: 116.68 kN Calculado: 8.53 kN Máximo: 166.68 kN Calculado: 126.91 kN	 Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 156.15 kN Calculado: 107.72 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 221.4 MPa	Cumple

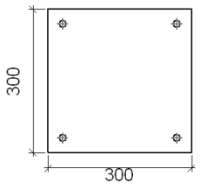
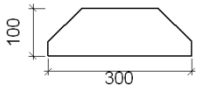
Comprobación	Valores	Estado
Aplastamiento perno en placa: *Límite del cortante en un perno actuando contra la placa*	Máximo: 471.43 kN Calculado: 7.99 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 54.5563 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 40.2548 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 169.941 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 164.167 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: *Limitación de la deformabilidad de los vuelos*	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 16697	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 24708.4	Cumple
- Arriba:	Calculado: 6149.42	Cumple
- Abajo:	Calculado: 6335.31	Cumple
Tensión de Von Mises local: *Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo*	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 134.708 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

3.2.12.2.5. Grupo 5

DETALLE



COMPONENTES DE LA UNIÓN

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Placa base		300	300	20	4	16	S275	275.0	410.0
Rigidizador		300	100	5	-	-	S275	275.0	410.0

COMPROBACIÓN DE LA PLACA

Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: *3 diámetros*	Mínimo: 48 mm Calculado: 240 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: *1.5 diámetros*	Mínimo: 24 mm Calculado: 45 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: *1.5 diámetros*	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 44.4	Cumple
Longitud mínima del perno: *Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.*	Mínimo: 17 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	 Máximo: 88.9 kN Calculado: 10.08 kN Máximo: 62.23 kN Calculado: 1.84 kN Máximo: 88.9 kN Calculado: 12.71 kN	 Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 63.92 kN Calculado: 11.2 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 476.19 MPa Calculado: 57.93 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: *Límite del cortante en un perno actuando contra la placa*	Máximo: 167.62 kN Calculado: 1.72 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda:	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 189.409 MPa Calculado: 189.409 MPa	 Cumple Cumple

Comprobación	Valores	Estado
- Arriba:	Calculado: 99.9641 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 99.5905 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: *Limitación de la deformabilidad de los vuelos*	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 754.104	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 754.104	Cumple
- Arriba:	Calculado: 14023.7	Cumple
- Abajo:	Calculado: 14070.9	Cumple
Tensión de Von Mises local: *Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo*	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

3.2.13. CIMENTACIÓN

Se emplearán cimentaciones superficiales, dado que el estudio geotécnico llevado a cabo certifica que cerca de la superficie se encuentra un terreno suficientemente firme y capaz de sustentar el edificio. Para el cálculo de las zapatas se define una tensión de 0,3 MPa para el terreno.

Las cimentaciones empleadas serán en su totalidad zapatas aisladas y cuadradas con diferentes medidas. Contarán con armado inferior y superior tanto en X como en Y, y con patillas iniciales y finales en todos los cantos, que unirán los armados superiores e inferiores. La siguiente imagen muestra un ejemplo del tipo de cimentación empleada en las zapatas del edificio.

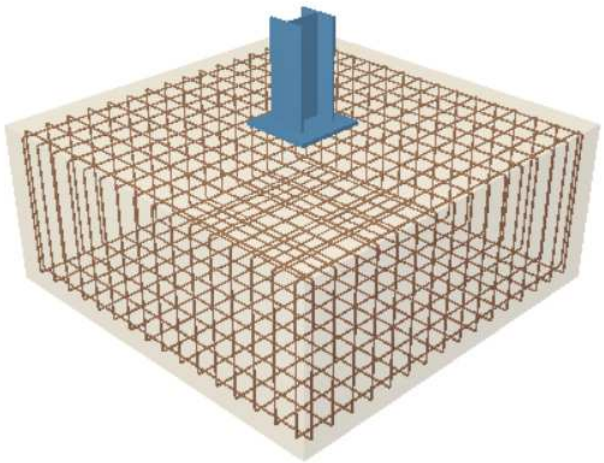


Figura 97. *Ejemplo de zapata empleada en las cimentaciones del edificio*

Se empleará un hormigón HA-30, con tamaño máximo de árido de 20 mm y una clase general de exposición IIa. En todas las zapatas se verterá una capa de 10 cm de hormigón de limpieza (HL-100). El acero empleado en las armaduras, encepados y vigas de atado será el B500S.

El nivel de Control marcado para toda la obra será Normal.

3.2.13.1. Agrupación

Con el fin de simplificar el trabajo para los operarios, se agruparán las zapatas en 7 grupos diferentes, siendo éstos los siguientes:

- Grupo 1
- Grupo 2
- Grupo 3
- Grupo 4
- Grupo 5
- Grupo 6
- Grupo 7

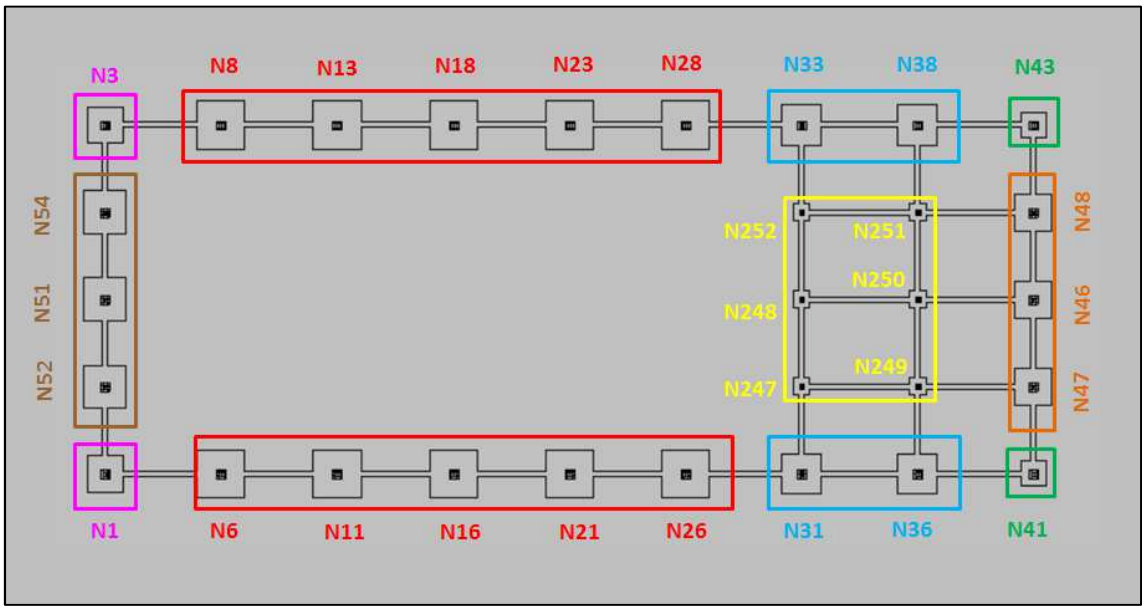


Figura 98. *Agrupación de las cimentaciones*

Grupo	Nudos	Dimensiones (cm)	Armado
Grupo 1	N6,N8,N11,N13,N16,N18,N21, N23,N26,N28	295x295x125	Sup X: 16ø16 c/18 Sup Y: 16ø16 c/18 Inf X: 16ø16 c/18 Inf Y: 16ø16 c/18
Grupo 2	N31,N33,N36, N38	260x260x90	Sup X: 14ø14 c/18 Sup Y: 14ø14 c/18 Inf X: 14ø14 c/18 Inf Y: 14ø14 c/18
Grupo 3	N41,N43	160x160x70	Sup X: 8ø14 c/20 Sup Y: 8ø14 c/20 Inf X: 8ø14 c/20 Inf Y: 8ø14 c/20
Grupo 4	N1,N3	230x230x80	Sup X: 11ø16 c/20 Sup Y: 11ø16 c/20 Inf X: 11ø16 c/20 Inf Y: 11ø16 c/20
Grupo 5	N46,N47,N48,	230x230x80	Sup X: 11ø14 c/20 Sup Y: 11ø14 c/20 Inf X: 11ø14 c/20 Inf Y: 11ø14 c/20
Grupo 6	N51,N52,N54	265x265x95	Sup X: 13ø16 c/20 Sup Y: 13ø16 c/20 Inf X: 13ø16 c/20 Inf Y: 13ø16 c/20
Grupo 7	N247,N248, N249,N250, N251, N252	110x110x60	Sup X: 5ø12 c/20 Sup Y: 5ø12 c/20 Inf X: 5ø12 c/20 Inf Y: 5ø12 c/20

3.2.13.2. Comprobación

A continuación, se mostrarán los listados de comprobación que ofrece CYPE para las cimentaciones. Se ha elegido como referencia la cimentación más desfavorable de cada grupo.

3.2.13.2.1. Grupo 1

Referencia: N8
Dimensiones: 295 x 295 x 125
Armados: Xi:Ø16c/18 Yi:Ø16c/18 Xs:Ø16c/18 Ys:Ø16c/18

Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.3 MPa Calculado: 0.0550341 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.374938 MPa Calculado: 0.0787743 MPa	Cumple

Referencia: N8
Dimensiones: 295 x 295 x 125
Armados: Xi:Ø16c/18 Yi:Ø16c/18 Xs:Ø16c/18 Ys:Ø16c/18

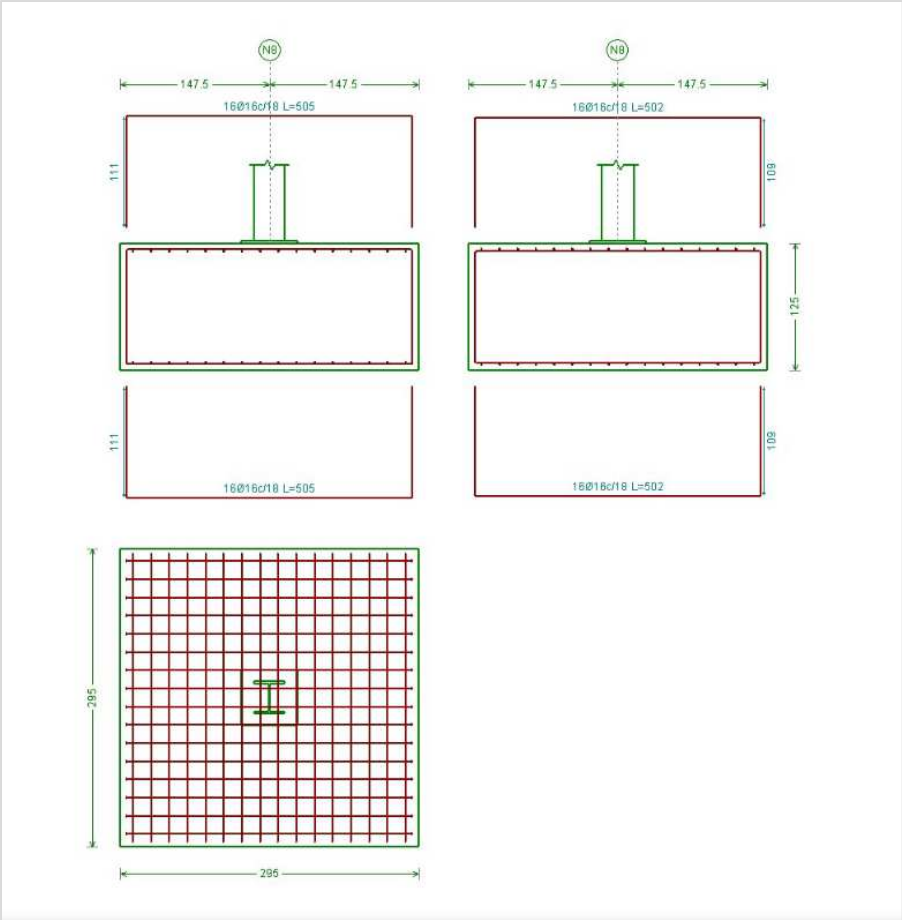
Comprobación	Valores	Estado
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.374938 MPa Calculado: 0.113894 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 258.1 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 1.0 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 82.72 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 157.90 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 8.24 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 158.43 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 6000 kN/m² Calculado: 134.6 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 125 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N8:	Mínimo: 60 cm Calculado: 117 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.0018	
- En dirección X:	Calculado: 0.0018	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0018	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*	Calculado: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple

Referencia: N8
Dimensiones: 295 x 295 x 125
Armados: Xi:Ø16c/18 Yi:Ø16c/18 Xs:Ø16c/18 Ys:Ø16c/18

Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm Calculado: 135 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm Calculado: 135 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm Calculado: 134 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 134 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm Calculado: 135 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm Calculado: 135 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm Calculado: 134 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm Calculado: 134 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 115 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 115 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 115 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 115 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 115 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 115 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 115 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 115 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Información adicional:
- Zapata de tipo rígido (Artículo 59.2 de la norma EHE-98)
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.06
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.11

Referencia: N8 **Dimensiones: 295 x 295 x 125** **Armados: Xi:Ø16c/18 Yi:Ø16c/18 Xs:Ø16c/18 Ys:Ø16c/18**		
Comprobación	Valores	Estado
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 826.98 kN - Cortante de agotamiento (En dirección Y): 826.98 kN		



3.2.13.2.2. Grupo 2

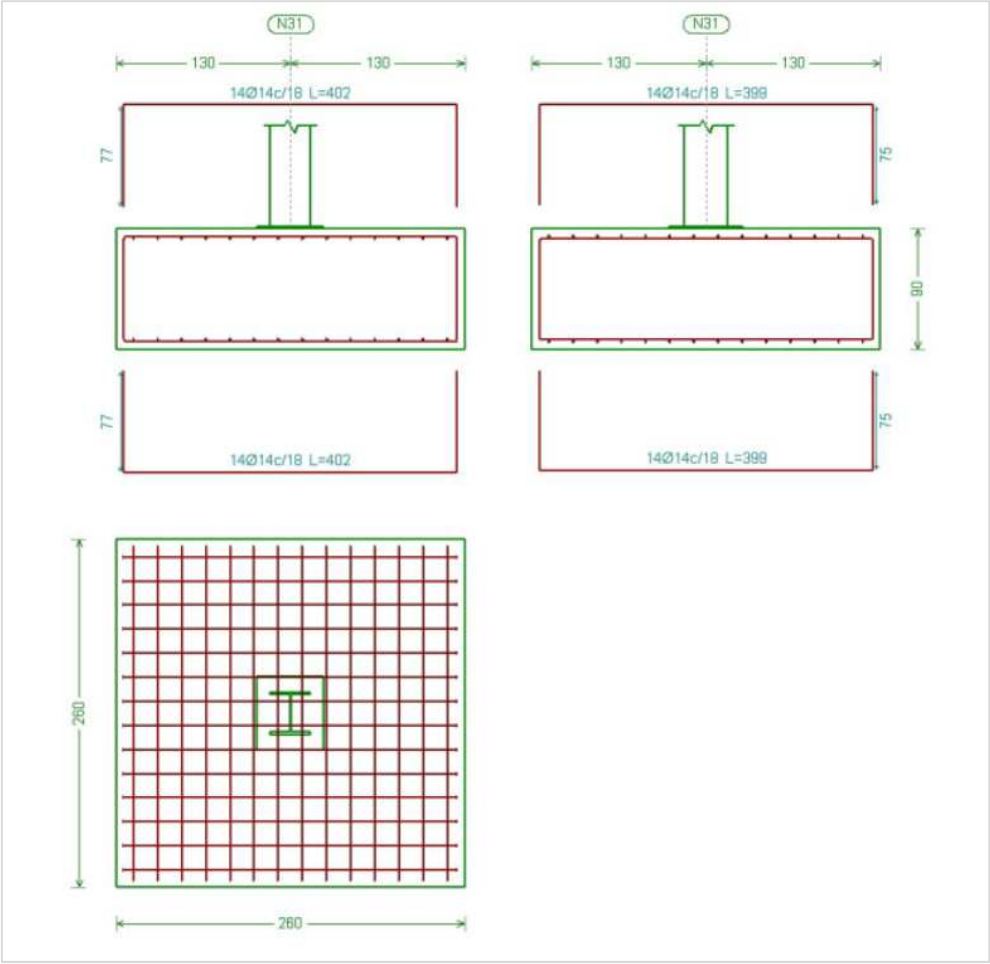
Referencia: N31 **Dimensiones: 260 x 260 x 90** **Armados: Xi:Ø14c/18 Yi:Ø14c/18 Xs:Ø14c/18 Ys:Ø14c/18**		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.3 MPa Calculado: 0.0661194 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.374938 MPa Calculado: 0.071613 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.374938 MPa Calculado: 0.106439 MPa	Cumple

Referencia: N31 **Dimensiones: 260 x 260 x 90** **Armados: Xi:Ø14c/18 Yi:Ø14c/18 Xs:Ø14c/18 Ys:Ø14c/18**		
Comprobación	Valores	Estado
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 585.5 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 2.6 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 102.97 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 113.94 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 45.03 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 131.16 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 6000 kN/m² Calculado: 288.5 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 90 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:	Mínimo: 60 cm	
- N31:	Calculado: 83 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.0018	
- En dirección X:	Calculado: 0.0019	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0019	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 14 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 14 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple

Referencia: N31
Dimensiones: 260 x 260 x 90
Armados: Xi:Ø14c/18 Yi:Ø14c/18 Xs:Ø14c/18 Ys:Ø14c/18

Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm Calculado: 112 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm Calculado: 112 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm Calculado: 110 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm Calculado: 110 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 17 cm Calculado: 112 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 17 cm Calculado: 112 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 17 cm Calculado: 110 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 17 cm Calculado: 110 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 14 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 80 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 80 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 80 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 80 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 80 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 80 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 80 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 80 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Información adicional:
- Zapata de tipo rígido (Artículo 59.2 de la norma EHE-98)
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.15
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.17
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 557.21 kN
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 557.21 kN

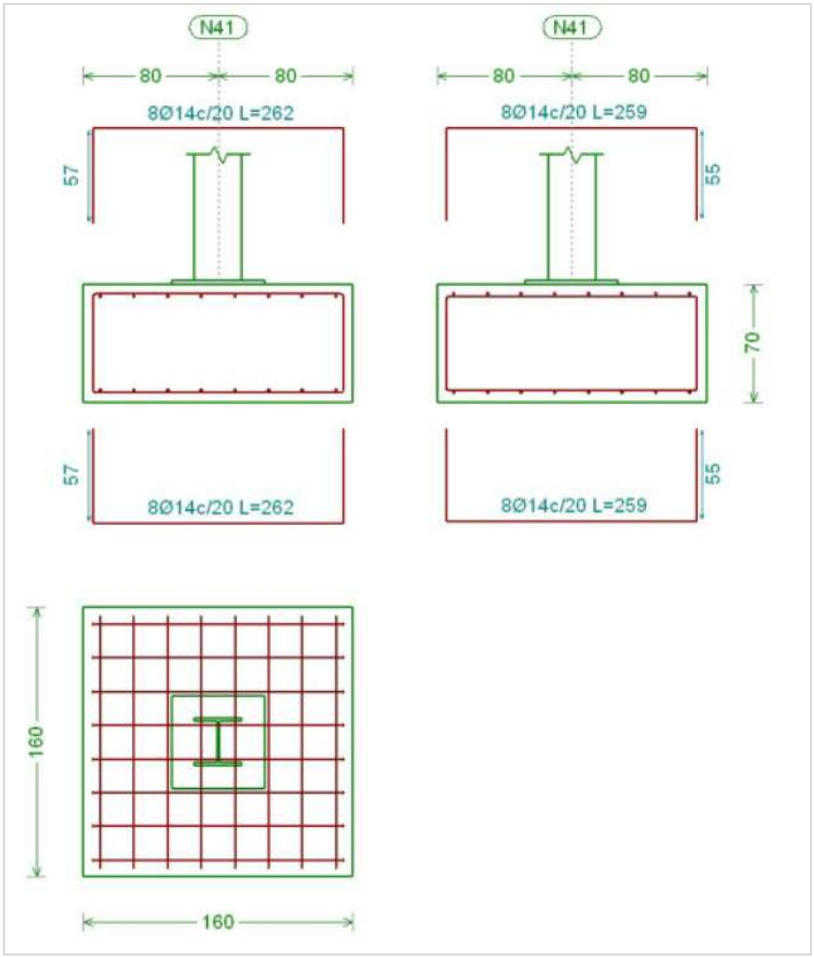


3.2.13.2.3. Grupo 3

Referencia: N41 **Dimensiones: 160 x 160 x 70** **Armados: Xi:Ø14c/20 Yi:Ø14c/20 Xs:Ø14c/20 Ys:Ø14c/20**		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.3 MPa Calculado: 0.0720054 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.374938 MPa Calculado: 0.083385 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.374938 MPa Calculado: 0.165593 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 0.7 %	Cumple

Referencia: N41 **Dimensiones: 160 x 160 x 70** **Armados: Xi:Ø14c/20 Yi:Ø14c/20 Xs:Ø14c/20 Ys:Ø14c/20**		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 29.0 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 29.78 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 37.77 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 6000 kN/m² Calculado: 110.8 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 70 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N41:	Mínimo: 49 cm Calculado: 63 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.0018	
- En dirección X:	Calculado: 0.0022	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0022	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 14 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 14 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple

Referencia: N41 **Dimensiones: 160 x 160 x 70** **Armados: Xi:Ø14c/20 Yi:Ø14c/20 Xs:Ø14c/20 Ys:Ø14c/20**		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Calculado: 60 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 17 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 17 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 17 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 17 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 14 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 60 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 60 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 60 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 60 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 60 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 60 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 60 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 60 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 59.2 de la norma EHE-98)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.11		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.14		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 0.00 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 0.00 kN		



3.2.13.2.4. Grupo 4

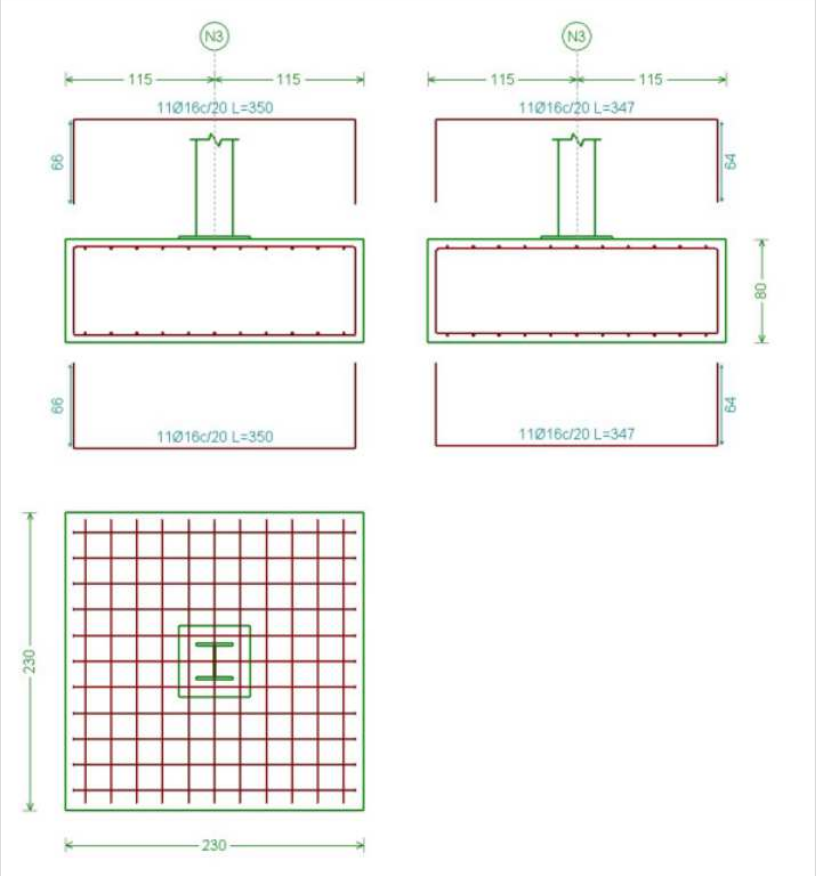
Referencia: N3 **Dimensiones: 230 x 230 x 80** **Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20**		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.3 MPa Calculado: 0.0534645 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.374938 MPa Calculado: 0.0785781 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.374938 MPa Calculado: 0.11154 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 74.9 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 16.5 %	Cumple
Flexión en la zapata:		

Referencia: N3 **Dimensiones: 230 x 230 x 80** **Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20**		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección X:	Momento: 50.47 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 82.26 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 23.74 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 67.00 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 6000 kN/m² Calculado: 185.7 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 80 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N3:	Mínimo: 49 cm Calculado: 72 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.0018	
- En dirección X:	Calculado: 0.0025	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0025	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*	Calculado: 0.0013	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple

Referencia: N3
Dimensiones: 230 x 230 x 80
Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20

Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Calculado: 94 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 70 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Información adicional:
- Zapata de tipo rígido (Artículo 59.2 de la norma EHE-98)
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.09
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.14
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 486.67 kN
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 486.67 kN



3.2.13.2.5. Grupo 5

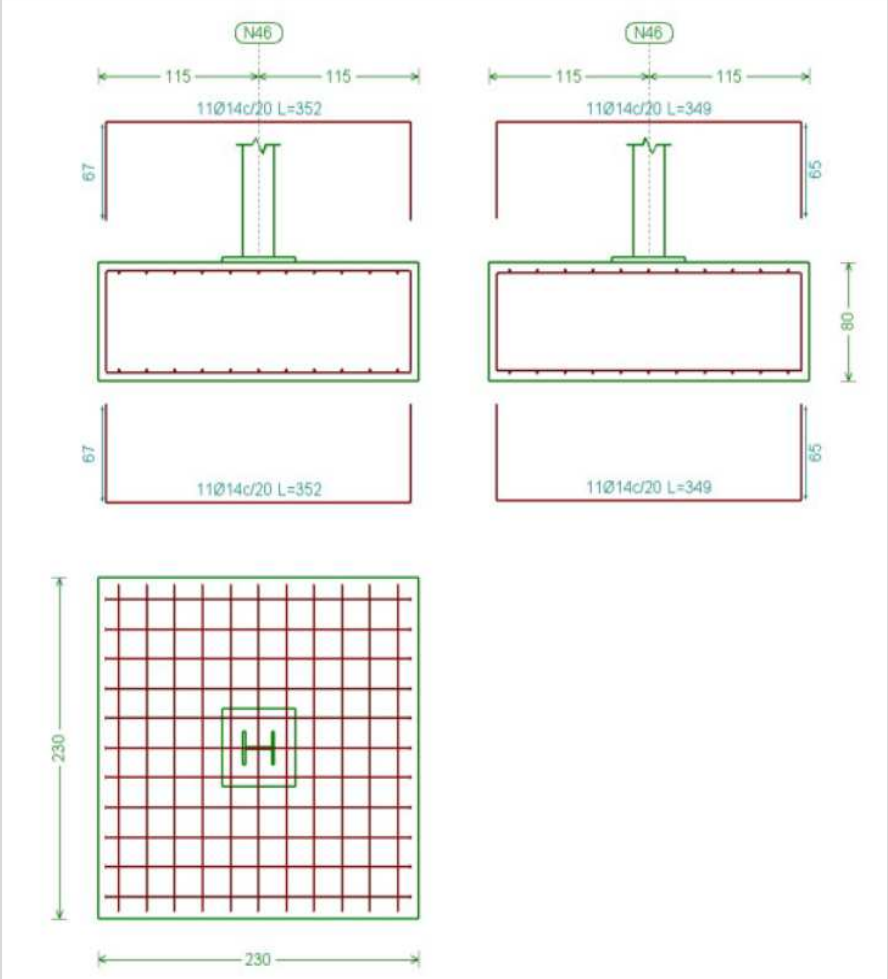
Referencia: N46 **Dimensiones: 230 x 230 x 80** **Armados: Xi:Ø14c/20 Yi:Ø14c/20 Xs:Ø14c/20 Ys:Ø14c/20**		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.3 MPa Calculado: 0.0540531 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.374938 MPa Calculado: 0.0491481 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.374938 MPa Calculado: 0.113992 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 6.0 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 1140.8 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 135.79 kN·m	Cumple

Referencia: N46 **Dimensiones: 230 x 230 x 80** **Armados: Xi:Ø14c/20 Yi:Ø14c/20 Xs:Ø14c/20 Ys:Ø14c/20**		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección Y:	Momento: 48.67 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 165.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 23.94 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 6000 kN/m² Calculado: 179 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 80 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N46:	Mínimo: 60 cm Calculado: 73 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.0018	
- En dirección X:	Calculado: 0.0019	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0019	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*	Calculado: 0.001	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0004	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 14 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 14 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple

Referencia: N46
Dimensiones: 230 x 230 x 80
Armados: Xi:Ø14c/20 Yi:Ø14c/20 Xs:Ø14c/20 Ys:Ø14c/20

Comprobación	Valores	Estado
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Calculado: 96 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 17 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 17 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 17 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 17 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 14 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 70 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 70 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Información adicional:
- Zapata de tipo rígido (Artículo 59.2 de la norma EHE-98)
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.29
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.11
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 445.77 kN
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 445.77 kN

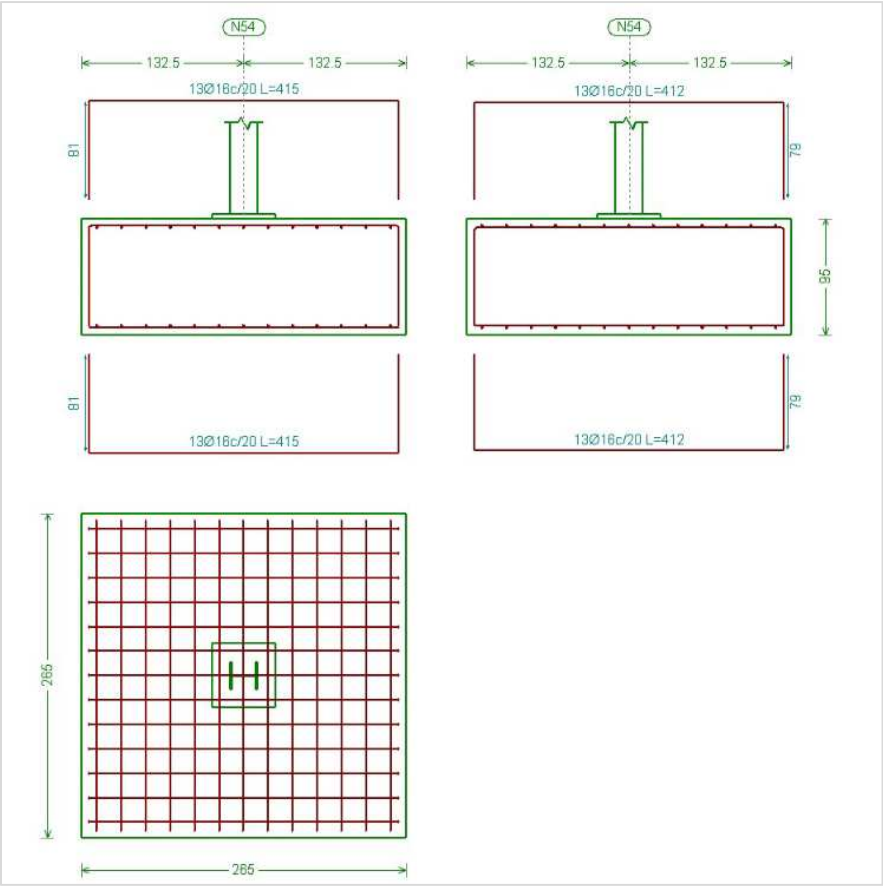


3.2.13.2.6. Grupo 6

Referencia: N54 **Dimensiones: 265 x 265 x 95** **Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20**		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.3 MPa Calculado: 0.0361989 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.374938 MPa Calculado: 0.0287433 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.374938 MPa Calculado: 0.0743598 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 2.4 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 2762.6 %	Cumple

Referencia: N54 **Dimensiones: 265 x 265 x 95** **Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20**		
Comprobación	Valores	Estado
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 130.01 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 12.61 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 142.44 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 5.30 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 6000 kN/m² Calculado: 26.5 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 95 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N54:	Mínimo: 60 cm Calculado: 87 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.0018	
- En dirección X:	Calculado: 0.0021	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0021	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 16 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple

Referencia: N54 **Dimensiones: 265 x 265 x 95** **Armados: Xi:Ø16c/20 Yi:Ø16c/20 Xs:Ø16c/20 Ys:Ø16c/20**		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Calculado: 117 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Mínimo: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Mínimo: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 19 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 19 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 85 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 85 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 85 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 85 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 85 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 85 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 85 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 85 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Zapata de tipo rígido (Artículo 59.2 de la norma EHE-98)		
- Relación rotura pésima (En dirección X): 0.15		
- Relación rotura pésima (En dirección Y): 0.02		
- Cortante de agotamiento (En dirección X): 616.56 kN		
- Cortante de agotamiento (En dirección Y): 616.56 kN		

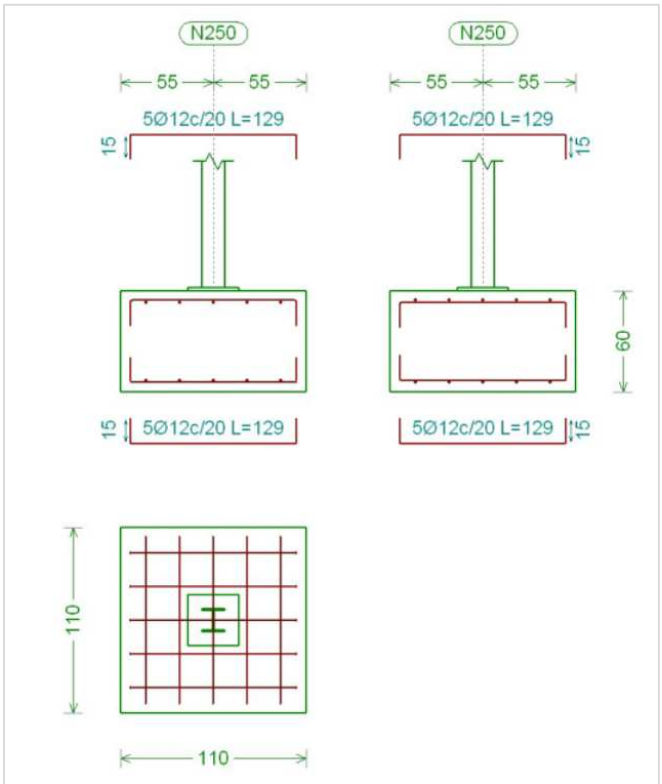


3.2.13.2.7. Grupo 7

Referencia: N250 **Dimensiones: 110 x 110 x 60** **Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20**		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: *Criterio de CYPE Ingenieros*		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.3 MPa Calculado: 0.218076 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.374938 MPa Calculado: 0.218371 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.374938 MPa Calculado: 0.259965 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: *Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.*		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 42461.8 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 474.0 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 34.61 kN·m	Cumple

Referencia: N250 **Dimensiones: 110 x 110 x 60** **Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20**		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección Y:	Momento: 34.64 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Máximo: 6000 kN/m² Calculado: 700.6 kN/m²	Cumple
Canto mínimo: *Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 25 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación: - N250:	Mínimo: 40 cm Calculado: 53 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: *Criterio de CYPE Ingenieros*	Mínimo: 0.0018	
- En dirección X:	Calculado: 0.0019	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0019	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: *Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98*	Mínimo: 0.0004	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.001	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.001	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: *Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)*	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: *Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: *Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16*	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 20 cm	Cumple
Longitud de anclaje: *Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991*	Mínimo: 15 cm	

Referencia: N250 **Dimensiones: 110 x 110 x 60** **Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/20 Xs:Ø12c/20 Ys:Ø12c/20**		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 12 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 15 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 15 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		



3.2.14. VIGAS DE ATADO

La función de las vigas de atado, también conocidas como riostras, es unir las zapatas entre sí para impedir posibles desplazamientos horizontales de una respecto a la hora.

Se emplerán dos tipos de vigas de atado, el primer tipo se colocará como medio de unión entre las cimentaciones de la entreplanta, mientras que el segundo se colocará uniendo las cimentaciones de todo el perímetro de la nave. Habrá vigas longitudinales (en el sentido longitudinal de la nave) y transversales (en el sentido transversal) de ambos tipos, siendo las primeras de mayor longitud que las segundas.

La siguiente imagen muestra un ejemplo en 3D de la forma que tienen dichas vigas.

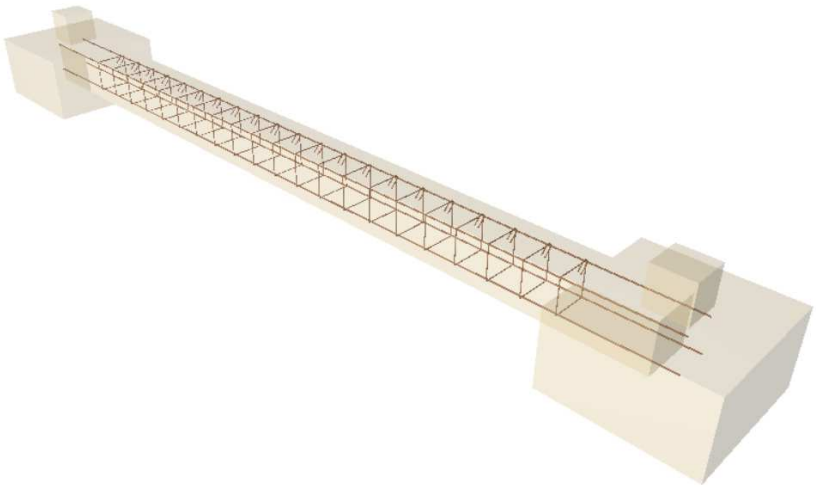


Figura 99. *Ejemplo de viga de atado empleada para unor las cimentaciones del edificio*

3.2.14.1. Agrupación

Referencias	Geometría	Armado
C.2 [N47-N41], C.2 [N48-N46], C.2 [N52-N51], C.2 [N54-N3], C.2 [N47-N46], C.2 [N48-N43], C.2 [N54-N51] y C.2 [N52-N1]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø16 Inferior: 2Ø16 Estribos: 1xØ8c/30
C.1 [N250-N249], C.1 [N251-N250], C.1 [N249-N36], C.1 [N247-N31], C.1 [N251-N38], C.1 [N252-N33], C.1 [N248-N247] y C.1 [N252-N248]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30

Referencias	Geometría	Armado
C.2 [N28-N23], C.2 [N31-N26], C.2 [N16-N11], C.2 [N11-N6], C.2 [N43-N38], C.2 [N36-N31], C.2 [N18-N13], C.2 [N41-N36], C.2 [N21-N16], C.2 [N13-N8], C.2 [N38-N33], C.2 [N6-N1], C.2 [N26-N21], C.2 [N33-N28], C.2 [N8-N3] y C.2 [N23-N18]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø16 Inferior: 2Ø16 Estribos: 1xØ8c/30
C.1 [N251-N48], C.1 [N250-N248], C.1 [N250-N46], C.1 [N252-N251], C.1 [N249-N47] y C.1 [N249-N247]	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30

3.2.14.1.1. Grupo 1 y Grupo 2

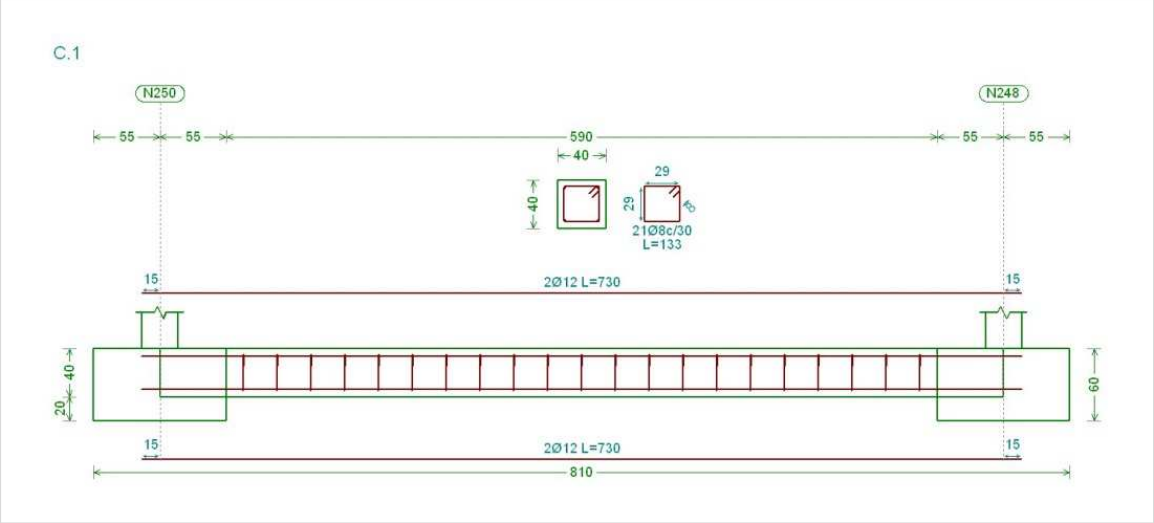
Longitudinal: Se colocarán uniendo las cimentaciones de la entreplanta, en el sentido longitudinal de la nave

Referencia: C.1 GRUPO 1 [N250-N248] (Viga de atado)
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm
-Armadura superior: 2Ø12
-Armadura inferior: 2Ø12
-Estribos: 1xØ8c/30

Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 2.5 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 2.5 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

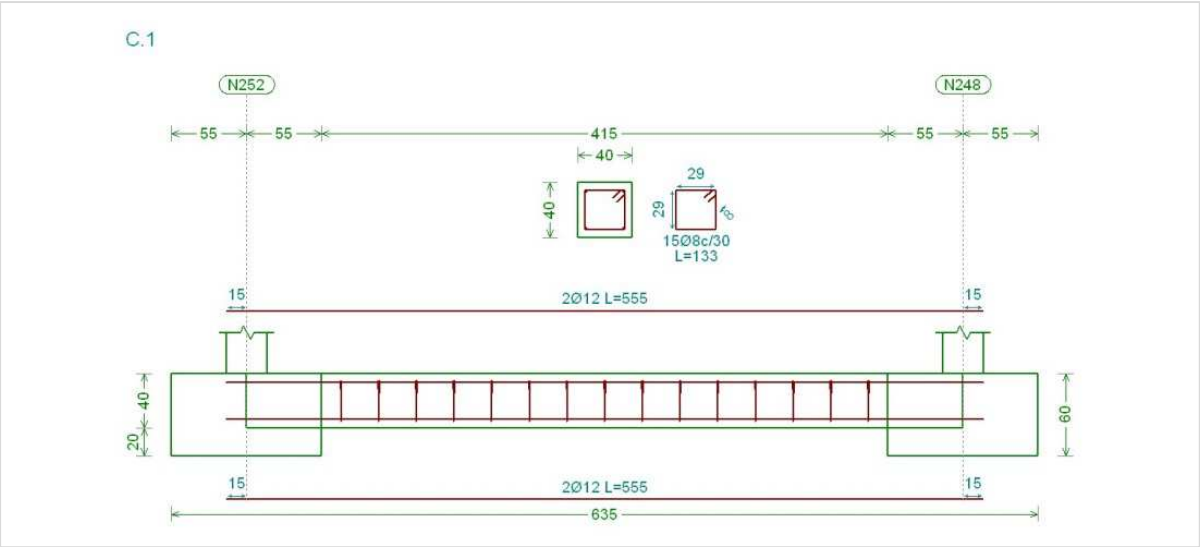
Información adicional:

- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple)
- No llegan estados de carga a la cimentación.



Transversal: Se colocarán uniendo las cimentaciones de la entreplanta, en el sentido transversal de la nave.

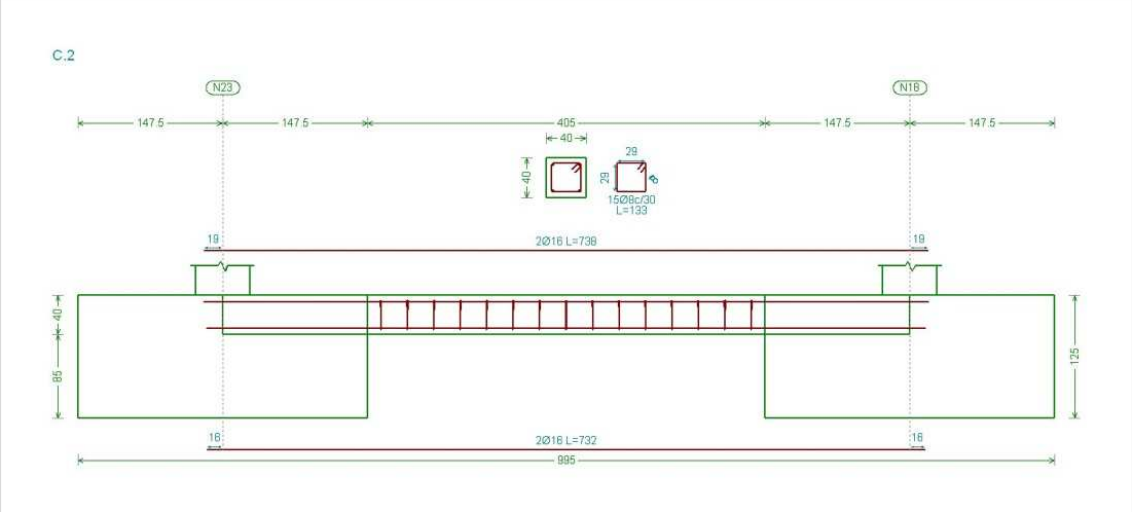
Referencia: C.1 GRUPO 2 [N252-N248] (Viga de atado) **-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm** **-Armadura superior: 2Ø12** **-Armadura inferior: 2Ø12** **-Estribos: 1xØ8c/30**		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 2.5 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98* - Armadura superior: - Armadura inferior:	Mínimo: 2.5 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98* - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 26 cm Calculado: 26 cm	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		



3.2.14.1.2. Grupo 3 y Grupo 4

Longitudinal: Se colocarán uniendo las cimentaciones del perímetro del edificio, en el sentido longitudinal del mismo.

Referencia: C.2 GRUPO 3[N23-N18] (Viga de atado) **-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm** **-Armadura superior: 2Ø16** **-Armadura inferior: 2Ø16** **-Estribos: 1xØ8c/30**		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 2.5 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98* - Armadura superior: - Armadura inferior:	Mínimo: 2.5 cm Calculado: 25.2 cm Calculado: 25.2 cm	Cumple Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98* - Armadura superior: - Armadura inferior:	Máximo: 30 cm Calculado: 25.2 cm Calculado: 25.2 cm	Cumple Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 16.0 mm (Cumple) - No llegan estados de carga a la cimentación.		



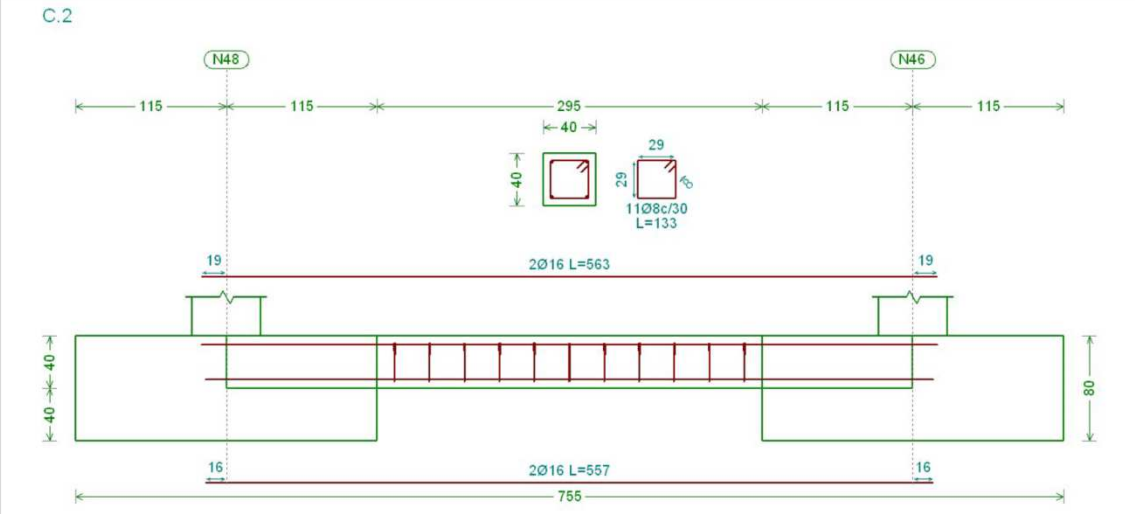
Transversal: Se colocarán uniendo las cimentaciones del perímetro del edificio, en el sentido transversal del mismo.

Referencia: C.2 GRUPO 4[N48-N46] (Viga de atado)
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm
-Armadura superior: 2Ø16
-Armadura inferior: 2Ø16
-Estribos: 1xØ8c/30

Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 2.5 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: *Artículo 66.4.1 de la norma EHE-98*	Mínimo: 2.5 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 25.2 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 25.2 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: *Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: *Artículo 42.3.1 de la norma EHE-98*	Máximo: 30 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 25.2 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 25.2 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Información adicional:

- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 59.8.2 de la EHE-98): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 16.0 mm (Cumple)
- No llegan estados de carga a la cimentación.



3.3. SOLERA

Se empleará una solera como revestimiento del suelo natural en el interior del edificio, tanto en la zona de taller, como en la zona de oficinas. Según la norma tecnológica NTE-RSS, la solera a emplear será una solera pesada **(RSS-6)**, adecuada para locales con sobrecargas estáticas previstas superiores a 5 t/m^2, como en industrias pesadas, almacenes, talleres, etc.

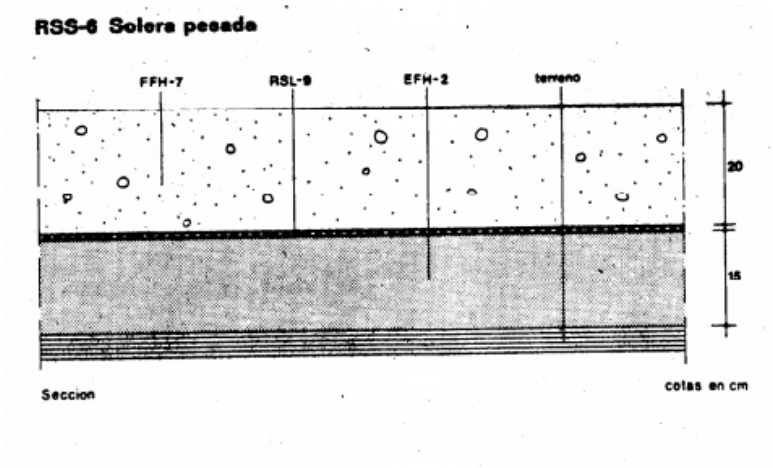


Figura 100. *Solera pesada*

La explanada, es decir, la zona superior del terreno natural, debe estar preparada para recibir el resto de capas que componen el pavimento. Si no presenta las condiciones adecuadas es necesario compactar mecánicamente el terreno hasta conseguir un valor del 90% del Proctor Normal. Se precisará

sobre el terreno compactado, una capa de 15 cm de arena de río con tamaño máximo de grano 0,5 cm **(EFH-2)**, enrasándola en dos capas.

Posteriormente, se colocará una lámina aislante de polietileno **(RSL-9)** antes de verter el hormigón de la solera. La función de esta lámina de polietileno es por una parte, permitir el libre movimiento de la masa de hormigón sobre el soporte, reduciendo el rozamiento entre ambas capas, y por otra parte, evitar posibles humedades por capilaridad.

Finalmente, se colocará un mallazo de 200x200x8 y se verterá una capa de 20 cm de espesor de hormigón de resistencia característica 250 kg/cm^2 **(EFH-7)**. La superficie se terminará mediante reglado y el curado se realizará mediante riego.

Se dispondrán juntas de contorno o separación, que recorrerán el perímetro de la solera en contacto con elementos estructurales como pilares o bloques de cimentación. Su función será aislar la solera permitiendo la dilatación de la misma cuando suba la temperatura. Se ejecutarán colocando poliestireno expandido (u otro material compresible) en el perímetro de la solera. Este material absorberá las dilataciones y evitará que se generen tensiones. Se colocarán también juntas de pilar, que se trata realmente de juntas de separación. Se ejecutarán colocando una chapa enrasada con la cara superior de la solera que forme un rectángulo mayor que el pilar y girado respecto a este.

Finalmente, se dispondrá de juntas de retracción coincidiendo con los pilares de la nave, formando así cuadrículas de 7x5,25 m. La función de dichas juntas será disimular las fisuras que se crearán en el hormigón durante el proceso de fraguado, guiando las fisuras a lo largo de la junta.

Además respetando las indicaciones del código técnico y no colocando elementos continuos de más de 40 m de longitud, se colocará una junta de dilatación, haciéndola coincidir con la junta de dilatación de la nave, ubicada en el pórtico nº5.

3.4. ESCALERA

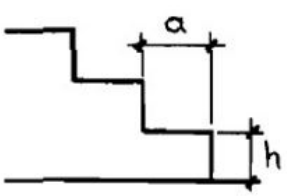
Siguiendo los consejos descritos en el libro **“El proyectista de estructuras metálicas”** de **R. Nonnast** y respetando lo descrito en el CTE (**DB SUA “Seguridad de Utilización y Accesibilidad”**), se procede al dimensionamiento de la escalera.

La escalera salvará una altura de 3 m uniendo la planta baja con la entreplanta. La estructura de la escalera será metálica y para la formación de los peldaños se empleará chapa lagrimada.

Figura 101. *Chapa lagrimada*

➢ Disposiciones a tener en cuenta

Nonnast aconseja una relación entre altura y anchura del peldaño (huella y contrahuella), para conseguir que la escalera sea cómoda. La relación que establece es la siguiente:



$$2 \cdot a + h = 63 \text{ cm.}$$

h cm.	14	15	16	17	18	19
a cm.	35	33	31	29	27	25

Figura 102. *Relación entre huella y contrahuella, "El proyectista de estructuras metálicas"*

El **DB-SUA1** establece en el "Apartado 4 .Escaleras y rampas", una clasificación del tipo de escaleras. La escalera del presente proyecto se enmarca dentro de "Escaleras de uso general".

En este tipo de escaleras, en tramos rectos, la huella medirá 28 cm como mínimo y la contrahuella entre 13 y 18,5 cm. Todos los peldaños de un mismo tramo de escalera tendrán la misma huella y la misma contrahuella, y de un tramo a otro podrán variar ±1 cm como mucho. La huella (H) y contrahuella (C) cumplirán a lo largo de una misma escalera la siguiente relación: 54 cm≤2C+H≤70cm

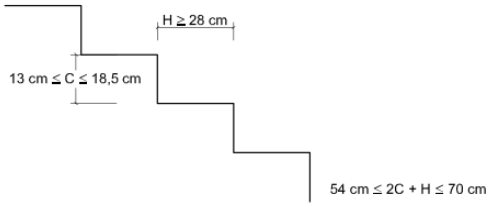


Figura 103. *Relación entre huella y contrahuella, DB-SUA*

La anchura mínima del tramo se determinará mediante los valores establecidos en la siguiente tabla:

Tabla 4.1 Escaleras de *uso general*. Anchura útil mínima de tramo en función del uso

Uso del edificio o zona	Anchura útil mínima (m) en escaleras previstas para un número de personas:			
	≤ 25	≤ 50	≤ 100	> 100
Residencial Vivienda, incluso escalera de comunicación con aparcamiento	1,00 (1)			
Docente con escolarización infantil o de enseñanza primaria *Pública concurrencia* y *Comercial*	0,80 (2)	0,90 (2)	1,00	1,10
Sanitario Zonas destinadas a pacientes internos o externos con recorridos que obligan a giros de 90º o mayores	1,40			
Otras zonas	1,20			
Casos restantes	0,80 (2)	0,90 (2)	1,00	

(1) En edificios existentes, cuando se trate de instalar un ascensor que permita mejorar las condiciones de accesibilidad para personas con discapacidad, se puede admitir una anchura menor siempre que se acredite la no viabilidad técnica y económica de otras alternativas que no supongan dicha reducción de anchura y se aporten las medidas complementarias de mejora de la seguridad que en cada caso se estimen necesarias.

(2) Excepto cuando la escalera comunique con una zona accesible, cuyo ancho será de 1,00 m como mínimo.

Figura 104. *Anchura mínima en escaleras de uso general en función de su uso*

Se supondrá un número de trabajadores entre 25 y 50, por consiguiente, habrá que respetar los 0,9 m de anchura mínima que le corresponden a la escalera. Las mesetas, o descansillos, entre tramos de una escalera tendrán al menos la anchura de la escalera y una longitud mínima de 1 m.

Las escaleras que salven una altura mayor que 55 cm dispondrán de pasamanos al menos en un lado. El pasamanos estará en una altura comprendida entre 90 y 110 cm.

➢ Geometría

Teniendo en cuenta las disposiciones descritas anteriormente, la escalera tendrá una anchura de 1 m y salvará una distancia de 3 m uniendo la entreplanta con la planta baja. La escalera se hará en dos tramos, con un descansillo intermedio, ya que la normativa exige la existencia de un descansillo, mínimo cada 12 peldaños.

Contará con una contrahuella de 15 cm y una huella de 33 cm, cumpliendo la relación de : 54 cm ≤ 2C+H ≤ 70cm → 54 cm ≤ 2x15+33 ≤ 70cm → 54 cm ≤ 63 ≤ 70cm.

Se procederá a introducir las zancas, pilares y la viga en el **“Nuevo Metal 3D”** para posteriormente llevar a cabo su cálculo.

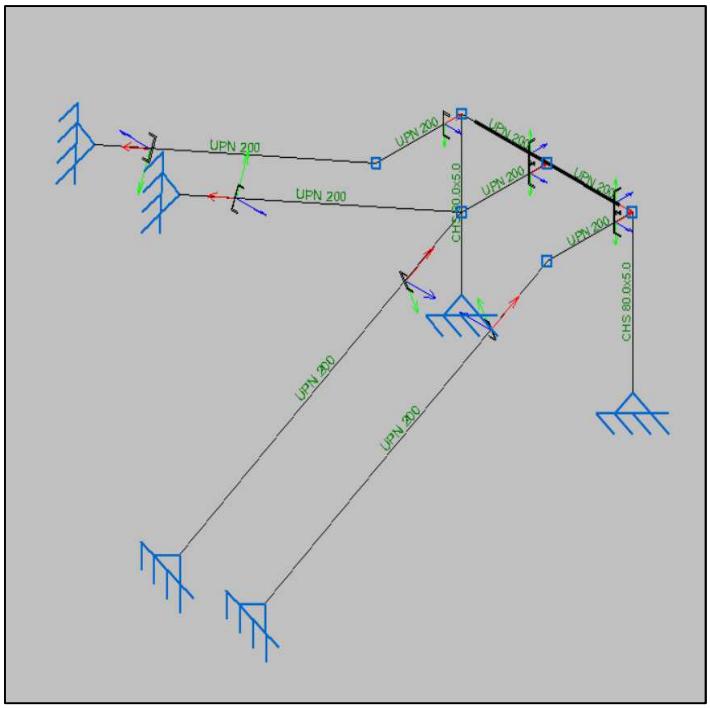


Figura 105. *Croquis de la estructura metálica de la escalera*

Las zancas serán perfiles UPN 200, los pilares perfiles tubulares ø80x5 y la viga será un perfil UPN 80.

➢ Cargas

Para las escaleras ligeras con peldaños de chapa estriada, como es este caso, el **peso propio** de la escalera será **150 kg/m^2**.

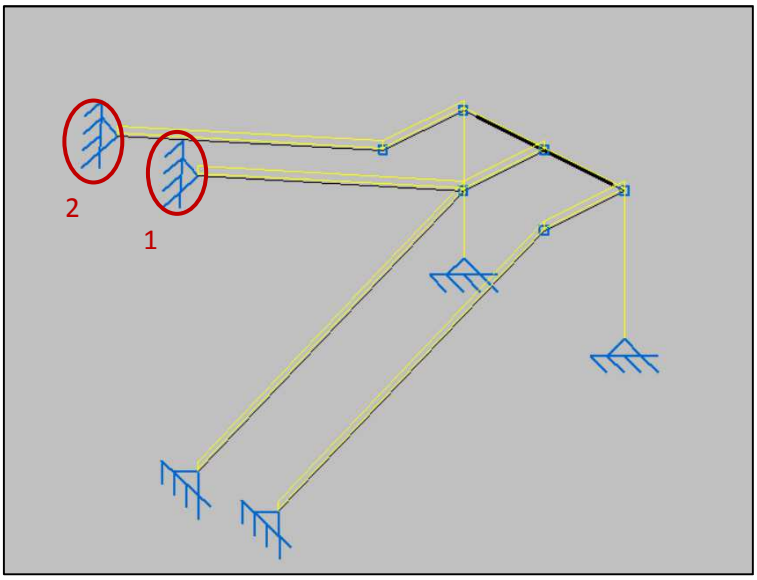


Figura 106. *Peso propio de la escalera*

La **sobrecarga de uso** de la escalera será de **500 kg/m^2**.

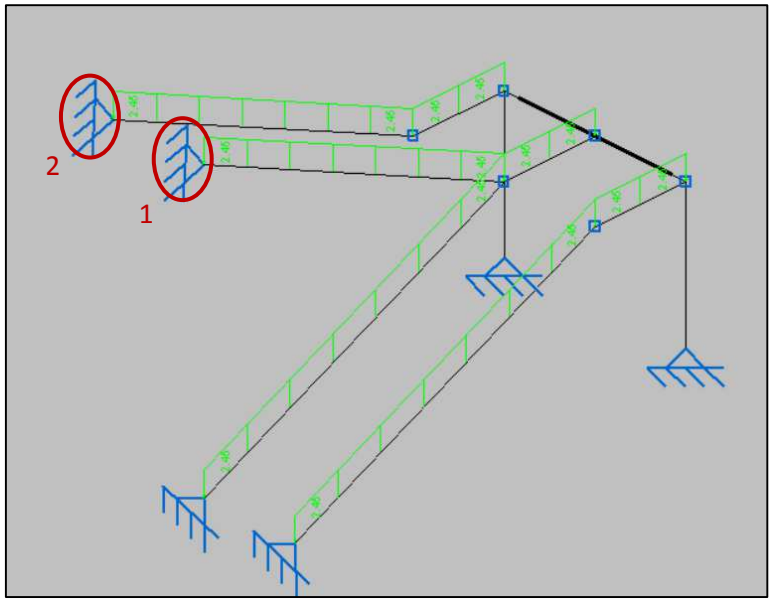


Figura 107. *Sobrecarga de uso de la escalera*

A los pilares se les asignarán unos coeficientes de pandeo de 0,7 en ambos planos (xy y xz). Se limitará la flecha de las zancas y de la viga a L/300. La combinación que generará las mayores solicitaciones será la suma de ambas cargas, peso propio y uso.

Resulta necesario consultar las reacciones en los apoyos 1 y 2, para posteriormente introducirlos en el cálculo de la estructura de entreplanta, siendo dichas reaciones las siguientes:

Peso propio

$R_{1z} = 4{,}48\ kN$

$R_{2z} = 2{,}24\ kN$

Sobrecarga de uso

$R_{1z} = 11{,}108\ kN$

$R_{2z} = 5{,}554\ kN$

➢ **Comprobaciones**

A continuación se adjuntan los listados de comprobación que ofrece CYPE.

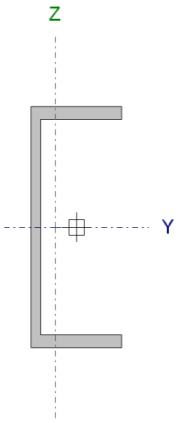
ZANCA

Perfil: UPN 200

Aprovechamiento de la resistencia: 27,4%

Aprovechamiento de la flecha: 11%

Perfil: UPN 200
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)	y_a (3) (mm)	z_a (3) (mm)
N7	N6	3.625	32.20	1910.00	148.00	11.90	-17.40	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.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	3.625	3.625	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)															Estado
	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N7/N6	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	x: 0.227 m $\lambda_w \leq \lambda_{w,máx}$ Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	x: 0 m η = 22.5	x: 1.586 m η = 9.9	x: 3.625 m η = 1.2	x: 3.625 m η = 3.5	η < 0.1	x: 0.227 m η < 0.1	x: 0.227 m η < 0.1	x: 1.359 m η = 27.4	x: 0.227 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	N.P.(3)	N.P.(3)	**CUMPLE η = 27.4**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(3) 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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***1.95*** ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de **Clase** : *1*

desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *32.20* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico. $\mathbf{N_{cr}}$: *233.45* kN

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a) y b):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *233.45* kN

$$\mathbf{N_{cr,z}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión. $\mathbf{N_{cr,FT}}$: *3012.71* kN

$$\mathbf{N_{cr,FT}} = \frac{1}{2 \cdot \beta} \cdot \left[\left(N_{cr,y} + N_{cr,T} \right) - \sqrt{\left(N_{cr,y} + N_{cr,T} \right)^2 - 4 \cdot \beta \cdot N_{cr,y} \cdot N_{cr,T}} \right]$$

Donde:

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,v}}$: *3012.71* kN

$$\mathbf{N_{cr,y}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_y}{L_{ky}^2}$$

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

$$\mathbf{N_{cr,T}} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_v}$: *1910.00* cm4

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *148.00* cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *11.90* cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *9070.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

$\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{kv}}$: *3.625* m

$\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *3.625* m

$\mathbf{L_{kt}}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. $\mathbf{L_{kt}}$: *0.000* m

β: Constante adimensional obtenida mediante la siguiente expresión: β : *0.78*

$$\beta = 1 - \left(\frac{y_0^2 + z_0^2}{i_0^2} \right)$$

Donde:

$\mathbf{i_0}$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $\mathbf{i_0}$: *9.04* cm

$$\mathbf{i_0} = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

$\mathbf{i_y}$, $\mathbf{i_z}$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $\mathbf{i_v}$: *7.70* cm

$\mathbf{i_z}$: *2.14* cm

$\mathbf{y_0}$, $\mathbf{z_0}$: Coordenadas del centro de $\mathbf{y_0}$: *-42.29* mm

torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

$\mathbf{z_0}$: *0.00* mm

<u>Abolladura del alma inducida por el ala comprimida</u> (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

20.82 ≤ 302.57 ✓

Donde:

- $\mathbf{h_w}$: Altura del alma. — $\mathbf{h_w}$: *177.00* mm
- $\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. — $\mathbf{t_w}$: *8.50* mm
- $\mathbf{A_w}$: Área del alma. — $\mathbf{A_w}$: *15.05* cm²
- $\mathbf{A_{fc,ef}}$: Área reducida del ala comprimida. — $\mathbf{A_{fc,ef}}$: *8.63* cm²
- $\mathbf{k}$: Coeficiente que depende de la clase de la sección. — $\mathbf{k}$: *0.30*
- $\mathbf{E}$: Módulo de elasticidad. — $\mathbf{E}$: *210000* MPa
- $\mathbf{f_{yf}}$: Límite elástico del acero del ala comprimida. — $\mathbf{f_{yf}}$: *275.00* MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

<u>Resistencia a tracción</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

<u>Resistencia a compresión</u> (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.046*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.225*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. — $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *38.95* kN

La resistencia de cálculo a compresión $\mathbf{N_{c,Rd}}$ viene dada por:

$$\mathbf{N_{c,Rd}} = A \cdot f_{yd}$$

$\mathbf{N_{c,Rd}}$: *843.33* kN

Donde:

$\mathbf{Clase}$: Clase de la sección, según la capacidad de — $\mathbf{Clase}$: *1*

deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *32.20* cm²

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{N_{b,Rd}}$: *173.14* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *32.20* cm²

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_z : *0.21*

χ_{FT} : *0.82*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_z : *2.82*

ϕ_{FT} : *0.73*

α: Coeficiente de imperfección elástica. α_z : *0.49*

α_{FT} : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_z$: *1.95*

$\bar{\lambda}_{FT}$: *0.54*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: *233.45* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *233.45* kN

$\mathbf{N_{cr,FT}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión. $\mathbf{N_{cr,FT}}$: *3012.71* kN

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.099*** ✓

Para flexión positiva:

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.586 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *5.90* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{M_{c,Rd}}$: *59.71* 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*

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *228.00* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.012*** ✓

Para flexión positiva:

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *0.17* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{M_{c,Rd}}$: *13.57* 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*

$\mathbf{W_{pl,z}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,z}}$: *51.80* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.035*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N6, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *9.17* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *260.84* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *17.25* cm²

$$A_V = h \cdot t_w$$

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : *200.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *8.50* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon$$

20.82 < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : *20.82*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. **$\lambda_{máx}$** : *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. **ε** : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. **f_{ref}** : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$\eta <$ ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.05* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *259.40* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *17.16* cm²

$$A_V = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *32.20* cm²

d: Altura del alma. **d** : *177.00* mm

t_w: Espesor del alma. **t_w** : *8.50* mm

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_v** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo **V_{Ed}** no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante **$V_{c,Rd}$**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

6.30 kN ≤ **130.42 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.227 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *6.30* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *260.84* kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2}$$ **0.05 kN ≤ 129.70 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.227 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.05* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *259.40* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$ η : ***0.144*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.154*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ η : ***0.274*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.359 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

Donde:

$\mathbf{N_{c,Ed}}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{N_{c,Ed}}$: *36.13* kN

$\mathbf{M_{y,Ed}}$, $\mathbf{M_{z,Ed}}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $\mathbf{M_{v,Ed}^{-}}$: *5.76* kN·m; $\mathbf{M_{z,Ed}^{-}}$: *0.06* kN·m

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : *1*

$\mathbf{N_{pl,Rd}}$: Resistencia a compresión de la sección bruta. $\mathbf{N_{pl,Rd}}$: *843.33* kN

$\mathbf{M_{pl,Rd,v}}$, $\mathbf{M_{pl,Rd,z}}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en $\mathbf{M_{pl,Rd,v}}$: *59.71* kN·m

condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{pl,Rd,z}$: 13.57 kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : 32.20 cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $W_{pl,y}$: 228.00 cm³; $W_{pl,z}$: 51.80 cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_v: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_v : 275.00 MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : 1.05

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$ k_y : 1.02

$$k_z = 1 + \left(2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0.6\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$ k_z : 1.29

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. $C_{m,y}$: 1.00; $C_{m,z}$: 1.00

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. χ_y : 0.82; χ_z : 0.21

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. $\bar{\lambda}_y$: 0.54; $\bar{\lambda}_z$: 1.95

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. α_y : 0.60; α_z : 0.60

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.227 m del nudo N7, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$$V_{Ed,y} \leq \frac{V_{c,Rd,y}}{2}$$ **0.05 kN ≤ 129.70 kN** ✓

Donde:

$V_{Ed,v}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed,v}$: 0.05 kN

$V_{c,Rd,v}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd,v}$: 259.40 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.

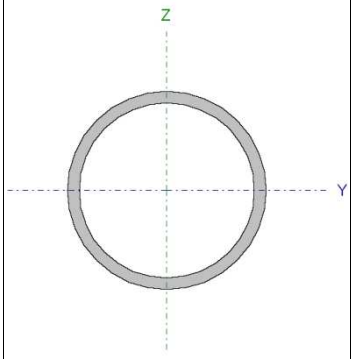
PILARES

Perfil: Tubo ø80x5

Aprovechamiento de la resistencia: 29,7%

Aprovechamiento de la flecha: - (no se ha definido flecha)

Perfil: CHS 80.0x5.0
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N9	N3	1.500	11.78	83.20	83.20	166.41

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_K	1.050	1.050	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
	$\bar{\lambda}$	N_t	N_c	M_Y	M_Z	V_Z	V_Y	M_YV_Z	M_ZV_Y	NM_YM_Z	$NM_YM_ZV_YV_Z$	M_t	M_tV_Z	M_tV_Y	
N9/N3	$\bar{\lambda}$ < 2.0 Cumple	N_{Ed} = 0.00 N.P.(1)	x: 0 m η = 3.6	x: 1.5 m η = 24.2	x: 1.5 m η = 2.4	η = 1.0	η = 0.1	x: 0.188 m η < 0.1	x: 0.188 m η < 0.1	x: 1.5 m η = 29.7	x: 0.188 m η < 0.1	M_{Ed} = 0.00 N.P.(2)	N.P.(3)	N.P.(3)	**CUMPLE η = 29.7**

Notación:
$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
N_t: Resistencia a tracción
N_c: Resistencia a compresión
M_Y: Resistencia a flexión eje Y
M_Z: Resistencia a flexión eje Z
V_Z: Resistencia a corte Z
V_Y: Resistencia a corte Y
M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados
$NM_YM_ZV_YV_Z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
M_t: Resistencia a torsión
M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
x: Distancia al origen de la barra
η: Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
(1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.
(2) La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.
(3) 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.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***0.46*** ✓

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** : *11.78* cm²

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico de pandeo elástico. $\mathbf{N_{cr}}$: *1564.16* kN

El axil crítico de pandeo elástico $\mathbf{N_{cr}}$ es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,v}}$: *1564.16* 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. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *1564.16* kN

$$\mathbf{N_{cr,z}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

$$\mathbf{N_{cr,T}} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

$\mathbf{I_y}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. $\mathbf{I_v}$: *83.20* cm4

$\mathbf{I_z}$: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. $\mathbf{I_z}$: *83.20* cm4

$\mathbf{I_t}$: Momento de inercia a torsión uniforme. $\mathbf{I_t}$: *166.41* cm4

$\mathbf{I_w}$: Constante de alabeo de la sección. $\mathbf{I_w}$: *0.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

$\mathbf{L_{ky}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. $\mathbf{L_{kv}}$: *1.050* m

$\mathbf{L_{kz}}$: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. $\mathbf{L_{kz}}$: *1.050* m

$\mathbf{L_{kt}}$: Longitud efectiva de pandeo por torsión. $\mathbf{L_{kt}}$: *0.000* m

$\mathbf{i_0}$: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. $\mathbf{i_0}$: *3.76* cm

$$\mathbf{i_0} = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

$\mathbf{i_y}$, $\mathbf{i_z}$: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. $\mathbf{i_v}$: *2.66* cm

$\mathbf{i_z}$: *2.66* cm

$\mathbf{y_0}$, $\mathbf{z_0}$: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. $\mathbf{y_0}$: *0.00* mm

$\mathbf{z_0}$: *0.00* mm

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.031*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.036*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N9, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *9.61* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ **$N_{c,Rd}$** : *308.55* 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** : *11.78* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **$N_{b,Rd}$** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ **$N_{b,Rd}$** : *267.75* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *11.78* cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M1}** : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_y : *0.87*

χ_z : *0.87*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_y : *0.67*

ϕ_z : *0.67*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.49*

α_z : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$: *0.46*

$\bar{\lambda}_z$: *0.46*

N_{cr}: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: N_{cr} : *1564.16* kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y}$: *1564.16* kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $N_{cr,z}$: *1564.16* kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $N_{cr,T}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.242*** ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^+ : *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. M_{Ed}^- : *1.78* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *7.38* 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. $W_{pl,y}$: *28.17* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.024*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *0.18* kN·m

Para flexión negativa:

M_{Ed}^-: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^-** : *0.00* kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *7.38* 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. **$W_{pl,z}$** : *28.17* cm³

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.010*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *1.19* kN

Resistencia a cortante de la sección:

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *113.41* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *7.50* cm²

$\mathbf{A_v} = 2 \cdot A/\pi$

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *11.78* cm²

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *261.90* MPa

$\mathbf{f_{yd}} = f_y/\gamma_{M0}$

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *275.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.001*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *0.12* kN

Resistencia a cortante de la sección:

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: *113.41* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *7.50* cm²

$\mathbf{A_v} = 2 \cdot A/\pi$

Siendo:

A: Área de la sección bruta. **A** : *11.78* cm²

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *261.90* MPa

$\mathbf{f_{yd}} = f_y/\gamma_{M0}$

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *275.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$ **1.19 kN ≤ 56.70 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.188 m del nudo N9, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *1.19* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *113.41* 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 **$V_{c,Rd}$**.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$ **0.12 kN ≤ 56.70 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.188 m del nudo N9, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *0.12* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. **$V_{c,Rd}$** : *113.41* kN

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$ **η : *0.297*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ **η : *0.294*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$ **η : *0.206*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *9.43* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, **$M_{y,Ed}^{-}$** : *1.78* kN·m

según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{z,Ed}^{+}$: *0.18* 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 compresión de la sección bruta. $N_{pl,Rd}$: *308.55* 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. $M_{pl,Rd,y}$: *7.38* kN·m

$M_{pl,Rd,z}$: *7.38* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *11.78* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $W_{pl,y}$: *28.17* cm³

$W_{pl,z}$: *28.17* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. f_{vd} : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

k_y : *1.01*

$$k_z = 1 + \left(\bar{\lambda}_z - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$

k_z : *1.01*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. $C_{m,y}$: *1.00*

$C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. χ_y : *0.87*

χ_z : *0.87*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. $\bar{\lambda}_y$: *0.46*

$\bar{\lambda}_z$: *0.46*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. α_y : *0.60*

α_z : *0.60*

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.188 m del nudo N9, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

$$V_{Ed,y} \leq \frac{V_{c,Rd,y}}{2}$$

0.12 kN ≤ **56.70 kN** ✓

Donde:

$\mathbf{V_{Ed,V}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$\mathbf{V_{Ed,V}}$: *0.12*	kN
$\mathbf{V_{c,Rd,V}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$\mathbf{V_{c,Rd,V}}$: *113.41*	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.

➢ Resumen perfiles empleados en la escalera

ELEMENTO	PERFIL
Zancas y viga	UPN 200
Pilares	Tubo ø80x5

3.5. ALBAÑILERÍA

3.5.1. PAVIMENTO

3.5.1.1. Suelo técnico

Como pavimento se empleará suelo técnico en las oficinas, también conocido como pavimento elevado registrable (PER), que consiste en baldosas formadas por una estructura de acero compuesta por una chapa superior plana y una inferior embutida; ambas chapas soldadas entre sí. Las baldosas se soportan mediante pedestales, formando un espacio debajo del pavimento para el alojamiento y distribución de instalaciones. Los paneles del pavimento elevado registrable pueden desmontarse fácilmente, permitiendo acceder con rapidez a las instalaciones que se encuentran debajo de ellos.

Figura 108. *Ejemplo de selo técnico*

El empleo de suelo técnico proporciona un medio para crear un hueco debajo del pavimento que hará posible que servicios como la alimentación eléctrica, los datos o el agua estén disponibles en toda la entreplanta. Por lo tanto, es una solución adecuada para emplear en las oficinas.

Se ha elegido el sistema “Gamaflor Full Steel” grosor “Heavy” de la firma Polygroup. Este sistema se compone de baldosas de 600x600x35 mm que se sitúan sobre los pedestales sin atornillar. El grosor “Heavy” hace referencia al espesor de las chapas de acero.

El sistema “Gamaflor” está clasificado a la reacción al fuego como clase A1 según la norma EN-13501.

3.5.1.2. Baldosas de gres

En los aseos, vestuario y en el pequeño almacén ubicados en la zona administrativa del edificio se emplearán baldosas de gres porcelánicas modelo “Park” de la firma Porcelanosa.

3.5.2. TABIQUERÍA

En lo que concierne a la compartimentación de la zona administrativa (planta baja y entreplanta), cabe destacar que habrá dos tipos de tabiques dependiendo de su posición. Los tabiques que se colocarán en el perímetro de la zona administrativa serán tabiques con aislamiento incluido que les brindarán unas altas prestaciones a los diferentes compartimentos, aislando térmica y acústicamente la zona de oficinas de la zona de taller y mejorando la habitabilidad en ella; los tabiques que se colocarán en el interior, separando diferentes zonas, serán tabiques interiores a los que se les podrá añadir posteriormente un aislamiento.

Se estipula que la altura libre de los tabiques será de 3 m, tanto en la planta baja como en la entreplanta, a los que habrá que descontar el espacio que ocupen la estructura de entreplanta, falso techo, etc. A continuación se procede a la descripción de cada tipo de tabique mencionado.

3.5.2.1. Tabiques interiores

Los tabiques interiores se emplearán como compartimentación de los diferentes espacios dentro de la zona de oficinas. Para desempeñar dicha función se utilizarán placas estándar de “Pladur n”. Este tipo de placa está formada por un alma de yeso y recubierta en sus dos caras por una lámina de celulosa especial.

PRODUCTO ESPESOR	ANCHO (m)	BORDE	LONGITUD ESTÁNDAR (m)	REACCIÓN AL FUEGO	RESISTENCIA TÉRMICA (m^2K/W)	PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA	TIPO DE PLACA SEGÚN EN-520	UNIDADES PALET	NORMATIVA
N 6,5	1,2	BA	3	A2-s1, d0	0,03	10	A	66	
N 10	1,2	BA	3/2,5	A2-s1, d0	0,04	10	A	54	
N 13	1,2	BA	3,2/3/2,8/2,7/2,6/2,5/2	A2-s1, d0	0,05	10	A	42/50[1]	EN-520
N 15	1,2	BA	3/2,8/2,7/2,6/2,5/2	A2-s1, d0	0,06	10	A	36	
N 18	1,2	BA	3/2,8/2,6/2,5	A2-s1, d0	0,07	10	A	28	

(1) Palet de 50 unidades para longitud 2 m.

Se ha seleccionado el producto N 15 cuyas características más destacables son las siguientes:

- Dimensiones: 1,2x3 m
- Espesor: 15 mm
- Reacción al fuego: A2-s1, d0
- Resistencia térmica: 0,06 m^2 K/W
- Normativa: EN-520
- Peso medio aproximado: 11,3 kN/m^2

Será necesaria la colocación de un aislante térmico en los tabiques interiores, que aísle las diferentes zonas tanto acústicamente como térmicamente. Para más información respecto al aislante empleado consultar el apartado **“5.4.4. AISLANTE TÉRMICO”.**

3.5.2.2. Tabique altas prestaciones térmicas

Para los tabiques en contacto con la fachada y los que separarán la zona administrativa de la zona de taller, se emplearán las placas “Pladur Therm”. Esta placa es un panel transformado con altas prestaciones térmicas. Está compuesto por una placa “Pladur n” o “Pladur H1” y un panel de poliestireno expandido adhesivo a su dorso de diferentes espesores dependiendo el nivel de aislamiento que se quiera conseguir.

Se emplearán paneles “Pladur Therm” con placa H1 en las fachadas, ya que el fabricante recomienda su uso en áreas de humedad controlada en las que se requiere una especial resistencia a la absorción del agua. En los tabiques que separán la zona de administrativa de la de taller, se podrán emplear tanto placas “Pladur n” o “Pladur H1”.

PLADUR® THERM STANDARD

PRODUCTO ESPESOR	ANCHO (m)	BORDE	PLACA	LONGITUD ESTÁNDAR (m)	REACCIÓN AL FUEGO	AISLANTE ESPESOR	AISLANTE TIPO	RESISTENCIA TÉRMICA (m² K / W)	UNIDADES PALET	NORMATIVA
PLADUR® THERM R 0,55										
THERM R0,55 10+20	1,2	BA	N	2,6/2,5	B-s1, d0	20	EPS Th 38	R0,55	40	EN-13950
PLADUR® THERM R 0,80										
THERM R0,80 10+30	1,2	BA	N	2,6/2,5	B-s1, d0	30	EPS Th 38	R0,80	30	EN-13950
PLADUR® THERM R 1,10										
THERM R1,10 10+40	1,2	BA	N	2,6/2,5	B-s1, d0	40	EPS Th 38	R1,10	24	EN-13950
PLADUR® THERM R 1,60										
THERM R1,60 10+60	1,2	BA	N	2,6/2,5	B-s1, d0	60	EPS Th 38	R1,60	17	EN-13950
PLADUR® THERM R 2,15										
THERM R2,15 10+80	1,2	BA	N	2,6/2,5	B-s1, d0	80	EPS Th 38	R2,15	13	EN-13950
THERM R2,15 13+80			N							
THERM R2,15 13+80			H1							

Se recomienda su uso junto con la pasta MA (página 36).

El producto seleccionado es “Pladur Therm R 1,6” y sus características principales son las siguientes:

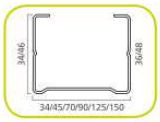
- Ancho: 1,2m
- Longitud estándar: 2,6/2,5m
- Espesor: 15mm
- Reacción al fuego: B-s1, d0
- Espesor aislante: 60 mm
- Tipo aislante: EPS Th 38
- Resistencia térmica: R1,6
- Normativa: EN-13950

3.5.2.3. Estructura metálica

Los elementos metálicos que forman la estructura sobre la que se sostienen las placas de pladur, se seleccionan del propio catálogo de productos de Pladur.

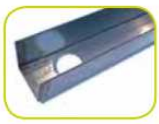
Los perfiles seleccionados son de chapa de acero galvanizado y el fabricante los ofrece en diferentes espesores y formas.

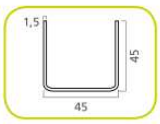
Para la sujeción de los paneles es necesario el empleo de montantes. El fabricante ofrece dos tipos de montantes: perfiles normales en forma de C, o reforzados en forma de U. Ambos se emplean como elementos portantes en trasdosados, tabiques y techos. El primero presenta perforaciones en el alma en forma oval (70 x 28 mm) que permiten el paso de instalaciones. Las caras laterales están moleteadas y los ejes están correctamente marcados, facilitando la operación de atornillado. Las montantes reforzadas, se emplean como refuerzo. También incorporan en el alma perforaciones (ø35 mm) para facilitar el paso de las instalaciones. Ambos perfiles se elegirán del catálogo teniendo en cuenta las prescripciones y consideraciones técnicas previstas en cada situación.



MONTANTE

PRODUCTO	ANCHO (mm)	ALTO (mm)	LONGITUD ESTÁNDAR (m)	REACCIÓN AL FUEGO	CHAPA GALVANIZADA ESPESOR (mm)	CHAPA GALVANIZADA GALVANIZADO MÍNIMO	PRESENTACIÓN UDS. PAQUETE	PRESENTACIÓN UDS. PALET	NORMATIVA
Montante 34	34,2	34-36	2,6	A1	0,6	Z140	12	480	EN-14195
Montante 46	45	34-36	4/3,5/3,2/3/2,8/2,7/2,6/2,5	A1	0,6	Z140	12	504	
Montante 70	70	34-36	4/3,5/3,2/3/2,8/2,7/2,6/2,5	A1	0,6	Z140	12	360	
Montante 90	90	46-48	4,2/3	A1	0,6	Z140	8	240	
Montante 125	125	46-48	6	A1	0,7	Z140	4	160	
Montante 150	150	46-48	8	A1	0,7	Z140	4	96	

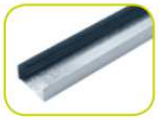


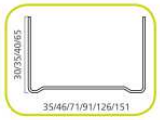


MONTANTE REFORZADO

PRODUCTO	ANCHO (mm)	ALTO (mm)	LONGITUD ESTÁNDAR (m)	REACCIÓN AL FUEGO	CHAPA GALVANIZADA ESPESOR (mm)	CHAPA GALVANIZADA GALVANIZADO MÍNIMO	PRESENTACIÓN UDS. PAQUETE	PRESENTACIÓN UDS. PALET	NORMATIVA
Montante Reforzado	45	45	3,6	A1	1,5	Z140	4	144	EN-14195

Además será necesario el empleo de canales para encajar los montantes. Se trata de perfiles en U que forman la estructura horizontal de trasdosados, tabiques y techos. El tipo de canal empleado se elegirá del catálogo en función de las prescripciones y consideraciones técnicas previstas en cada situación:





CANAL

PRODUCTO	ANCHO (mm)	ALTO (mm)	LONGITUD ESTÁNDAR (m)	REACCIÓN AL FUEGO	CHAPA GALVANIZADA ESPESOR (mm)	CHAPA GALVANIZADA GALVANIZADO MÍNIMO	PRESENTACIÓN UDS. PAQUETE	PRESENTACIÓN UDS. PALET	NORMATIVA
Canal 35	35,3	30	3	A1	0,55	Z140	12	480	EN-14195
Canal 48	46,1	30	3	A1	0,55	Z140	12	588	
Canal 48/65	46,1	65	3	A1	0,55	Z140	12	336	
Canal 73	71,1	30	3	A1	0,55	Z140	12	360	
Canal 73/65	71,1	65	3	A1	0,55	Z140	12	192	
Canal 90	91,1	35	3	A1	0,6	Z140	8	288	
Canal 125	126,1	35	4	A1	0,6	Z140	8	160	
Canal 150	151,1	40	4	A1	0,6	Z140	4	168	

3.5.3. FALSO TECHO

Se empleará un falso techo como elemento constructivo en el techo de la zona administrativa del edificio. De esta forma se realizará una insonorización tanto térmica como acústica.

En la colocación del falso techo de la planta baja no habrá problema, ya que el techo podrá colgarse del forjado mediante los sistemas que ofrece el fabricante Pladur. El techo de la primera planta, en cambio, se encuentra a una distancia de 4 m del techo de la nave, por lo que no será posible emplear dicho sistema y habrá que buscar otra solución. Se ha optado por construir una estructura ligera que sustente el falso techo compuesta por perfiles tubulares cuadrados.

➢ Distribución de la entreplanta

Se estima necesario el planteamiento de la distribución de la entreplanta para la colocación de los pilares, sobre los que se sustentará la estructura del falso techo de la primera planta. En la medida de lo posible se hará coincidir los pilares con los tabiques para evitar las molestias innecesarias que pueden causar a la hora de hacer uso de los espacios.

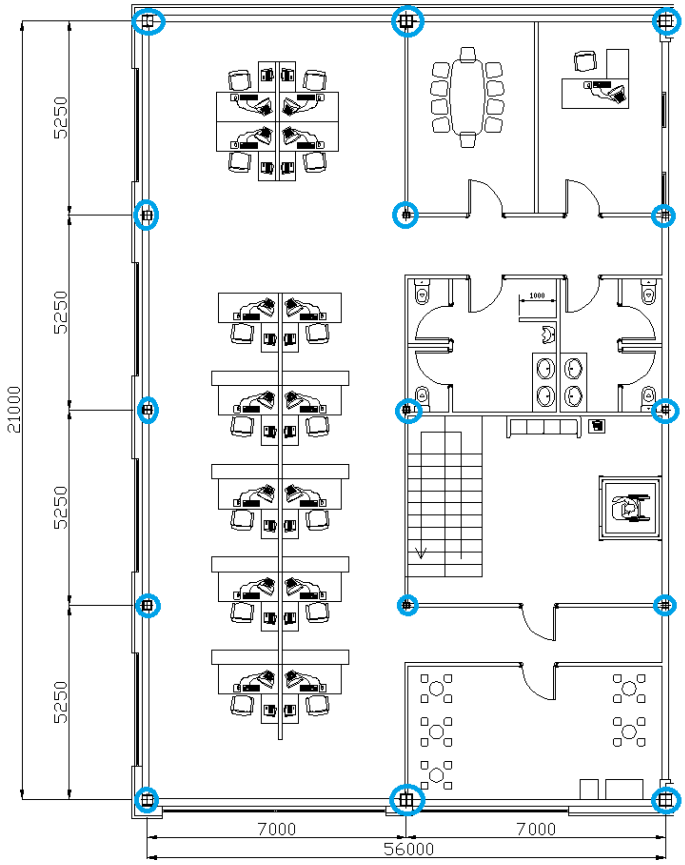


Figura 109. *Distribución de la entreplanta*

Se a optado por colocar los pilares que sustentarán la estructura ligera sobre los pilares de la entreplanta.

- **Elección del falso techo**

En forma habitual el falso techo se construye mediante piezas prefabricadas de aluminio, acero, PVC o escayola. En este caso se ha optado por el modelo de placa estándar “Pladur n” de la casa Pladur. El mismo elegido para los tabiques interiores.

ESTÁNDAR

PLADUR® N

PRODUCTO ESPESOR	ANCHO (m)	BORDE	LONGITUD ESTÁNDAR (m)	REACCIÓN AL FUEGO	RESISTENCIA TÉRMICA (m²K/W)	PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA	TIPO DE PLACA SEGÚN EN-520	UNIDADES PALET	NORMATIVA
N 6,5	1,2	BA	3	A2-s1, d0	0,03	10	A	66	
N 10	1,2	BA	3/2,5	A2-s1, d0	0,04	10	A	54	
N 13	1,2	BA	3,2/3/2,8/2,7/2,6/2,5/2	A2-s1, d0	0,05	10	A	42/50[1]	EN-520
N 15	1,2	BA	3/2,8/2,7/2,6/2,5/2	A2-s1, d0	0,06	10	A	36	
N 18	1,2	BA	3/2,8/2,6/2,5	A2-s1, d0	0,07	10	A	28	

(1) Palet de 50 unidades para longitud 2 m.

Se ha elegido el producto N18 cuyo peso medio aproximado es 14,2 kg/m^2.

Será necesaria la colocación de un aislante térmico que aísle el techo de las oficinas tanto acústicamente como térmicamente. Consultar el apartado **“5.4.4. AISLANTE TÉRMICO”** para más información acerca del aislamiento empleado.

3.5.3.1. Cálculo de la estructura ligera autoportante

A continuación se procederá al cálculo de la estructura que soportará el falso techo con la ayuda del módulo “Nuevo Metal 3D”.

Tanto las correas como las vigas cargadero estarán formadas por perfiles tubulares cuadrados. Las correas se dispondrán cada 1,75 m. Los apoyos de la estructura auxiliar para el falso techo coincidirán con los pilares de la entreplanta.

Se abrirá un hueco en la estructura de 1,75x1,75 m para el ascensor. Las vigas que forman el hueco no soportarán ninguna carga adicional ya que la estructura del ascensor se colocará por dentro del hueco.

La estructura tendrá que soportar el peso propio del falso techo (≈14,2 kg/m^2=0,139 kN/m^2). Además, se estima una carga de 60 kg/m^2 (0,58 kN/m^2) que incluirá todos los elementos que se colgarán del techo (iluminación, etc.). No será necesario incluir la sobrecarga de uso ya que no se considerará necesario el mantenimiento del mismo. Del mismo modo, tampoco será necesario incluir las sobrecargas de viento y nieve ya que se trata de un techo interior, ajeno a las acciones externas que actúan sobre la estructura de la nave . Para las **vigas cargadero y la viga que forma el hueco del ascensor** se escogerá tubo estructural de **125x125x6**, para las **correas** tubo de **110x110x5** mm y para los **pilares** de **90x90x5**. A las **vigas cargadero** se les asignará en el **plano xy** una longitud de pandeo **(L_k)** de **1,75 m**, correspondiente a la distancia entre correas, y en el plano xz un coeficiente de pandeo **(β)** de **1**. A las correas se les asignará un coeficiente de pandeo **(β)** de 0 en el **plano xy,** dado que se supone que las placas del falso techo arriostrarán las correas y un coeficiente de pandeo **(β)** de **1** en el **plano xz.** Finalmente, se limitará **la flecha a L/300** tanto en las vigas como en las correas, siendo la flecha máxima admisible 5250/300=17,5 mm en las vigas cargadero y 7000/300=23,33 mm en las correas.

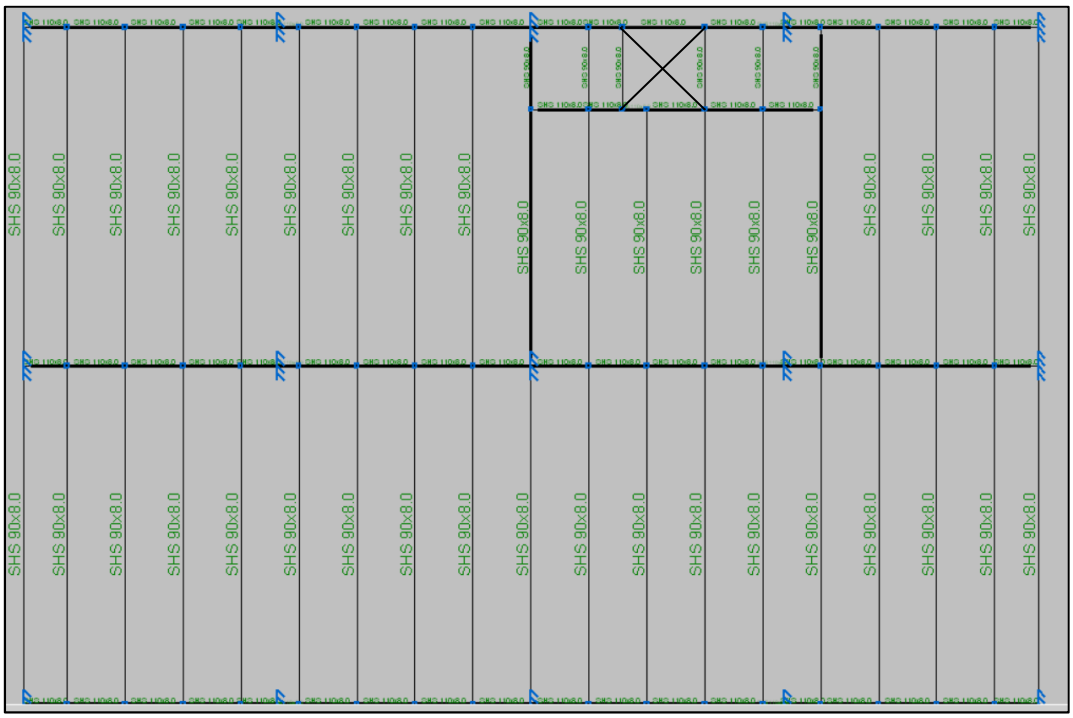


Figura 110. *Estructura del falso techo de la primera planta*

A continuación se adjuntan los aprovechamientos de resistencia y flecha que ofrece CYPE. No se han adjuntado los listados de comrpobaciones de las barras, con el fin de no alargar en exceso el presente documento.

VIGAS CARGADERO
Perfil: Tubo estructural 125x125x6
Aprovechamiento de la resistencia: 43,61%
Aprovechamiento de la flecha: 92,46% (16,18 mm< 17,5 mm)

CORREAS
Perfil: Tubo estructural 110x110x5
Aprovechamiento de la resistencia: 46,55%
Aprovechamiento de la flecha: 94,52% (22,056 mm< 23,33 mm)

PILARES
Perfil: Tubo estructural 90x90x5
Aprovechamiento de la resistencia: 24,53%
Aprovechamiento de la flecha: - (No se define flecha)

3.5.4. AISLAMIENTO TÉRMICO

Será necesario el empleo de un aislante térmico tanto en el falso techo como en los tabiques de distribución interiores de las oficinas, placas “Pladur n”. Los tabiques que se colocan el en perímetro de la oficina están compuestos por placas “Pladur Therm” que cuentan con su propio aislamiento, por lo que no será necesario el empleo de uno adicional.

Como aislante térmico y acústico en ambos casos (falso techo y tabiques interiores) se colocará lana de roca. Se ha seleccionado el modelo **“Comfortpan 208 ROXUL”** del fabricante **Rockwool**. Se trata de un panel semi-rígido de lana de roca adecuado para aislamiento térmico y acústico sobre particiones horizontales en el falso techo y sobre particiones verticales de tabicado. Las características principales que ofrece el producto y que pueden ser consultadas en su ficha técnica son las siguientes:

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Característica	Valor	Norma
Densidad nominal	30 kg/m^3	EN1602
Conductividad térmica	0.037 W/(m*K)	EN 12667
Resistencia térmica	Espesor en mm / R(m2K/W): 40 / 1,05; 50 / 1,35; 60 / 1,6; 75 / 2	
Tolerancia de espesor	T3	EN 823
Estabilidad dimensional a una temperatura y humedad específicas	DS(TH)	EN 1604
Estabilidad dimensional a una temperatura y humedad específicas	DS(1)	EN 1604
Reacción al fuego	A1	EN 13501.1
Dimensiones	Largo (mm) / Ancho (mm) / Espesor (mm): 1350 / 600 / 40; 1350 / 600 / 50; 1350 / 600 / 60; 1350 / 600 / 75; 1350 / 400 / 40; 1350 / 400 / 50; 1350 / 400 / 60	
Absorción de agua a corto plazo	WS | Absorción de agua < 1,0 Kg/m^2	EN 1609
Resistencia a la difusión de vapor de agua	MV2	EN 12086

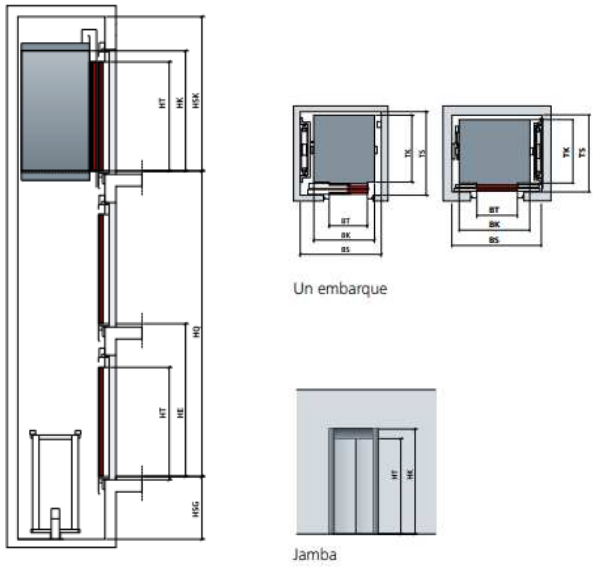
Figura 111. Cratacterísticas del modelo de lana de roca "*Comfortpan 208 ROXUL" de Rockwool*

3.6. INSTALACIONES

3.6.1. ASCENSOR

Se llevará a cabo la instalación de un ascensor que conecte la planta baja de la zona administrativa con la primera planta. En este apartado se describirá el tipo de ascensor que se instalará y se llevará a cabo el cálculo de la estructura que lo sustentará.

El ascensor que se instalará será el modelo “Schinder 3100” para 6 personas con una capacidad de carga de 450 kg y unas dimensiones de cabina de 1x1,25 y 2,135 m de altura, con puerta telescópica de 2 partes de 0,8 m de anchura y 2 m de altura, con un embarque y recorrido de 6 m con dos paradas.



La distancia entre pisos (HE) es:
Mín. 2400 mm para altura de puerta de 2000 mm
Mín. 2500 mm para altura de puerta de 2100 mm

HE para instalaciones de dos paradas es de un mín. de 2600 mm.
Para una altura de puerta de 2000 mm y 2100 mm.

La mínima distancia entre pisos (HE mín.) para embarque opuestos es de 300 mm.

Certificado de maestro constructor de la CE de acuerdo con la Directiva 95/16/CE sobre ascensores

						Cabina			Puertas			Hueco			
GQ kg	Perso-nas	VKN m/s	HQ m	ZE	Acceso	BK mm	TK mm	HK mm	Tipo	BT mm	HT mm	BS mm	TS(1) mm	TS(2) mm	HSG mm
450	6	0,63	26	7	2	1000	1250	2135	T2	800	2000/2100	1500	1600	1800	1100
										900		1600			
		1,0	30	10	2	1000	1250	2135	T2	800	2000/2100	1500	1600	1800	1100
										900		1600			
480	6	0,63	26	7	2	1000	1300	2135	T2	800	2000/2100	1500	1650	1850	1100
										900		1600			
		1,0	30	10	2	1000	1300	2135	T2	800	2000/2100	1500	1650	1850	1100
										900		1600			
630	8	0,63	26	7	2	1100	1400	2135	T2	800	2000/2100	1600	1750	1950	1100
										900					
		1,0	30	10	2	1100	1400	2135	T2	800	2000/2100	1600	1750	1950	1100
										900					

GQ Capacidad
VKN Velocidad
HQ Recorrido
ZE Paradas
HE Distancia entre pisos

BK Anchura de cabina
TK Profundidad de cabina
HK Altura de cabina

T2 Puerta telescópica 2 partes
BT Anchura de puerta
HT Altura de puerta

BS Anchura de hueco
TS(1) Profundidad de hueco 1 embarque
TS(2) Profundidad de hueco 2 embarques

HSG Profundidad de foso
HSK Es medido desde suelo terminado de la última planta hasta la parte inferior de los elementos de fijación colocados en la parte superior del hueco

Figura 112. Especificaciones del ascensor “Schinder 3100”

Para llevar a cabo el cálculo resulta necesario consultar la NTE-ITA “Norma Tecnológica para las Instalaciones de Transporte”. El recorrido vertical del ascensor será de 6 m, salvando una única altura. La estructura deberá ser capaz de albergar dentro de ella la maquinaría que se sitúa por encima del elevador, por lo que deberá contar con una altura superior a 6 m.

El tipo de equipo elegido en este caso, será el ITA-1, ya que se trata del equipo más básico. Se estima de esta forma que la estructura deberá soportar una carga de 4500 kg en la que se hallan incluidas las cargas suspendidas, el peso del equipo y la sobrecarga dinámica. El foso contará con una altura mínima de 1,3 m.

La estructura estará compuesta por pilares de tubo estructural d acero S275 de 7,9 m de altura, dejando 1,9 m de altura de más para albergar la maquinaría. Los pilares se arriostrarán mediante anillos compuestos por perfiles tubulares, colocados a 3 m, a 6 m y a 7,9 m de altura. En el anillo superior se colocará una viga, compuesta también por un perfil tubular. La carga del ascensor (4500 kg) se aplicará en el centro de dicha viga.

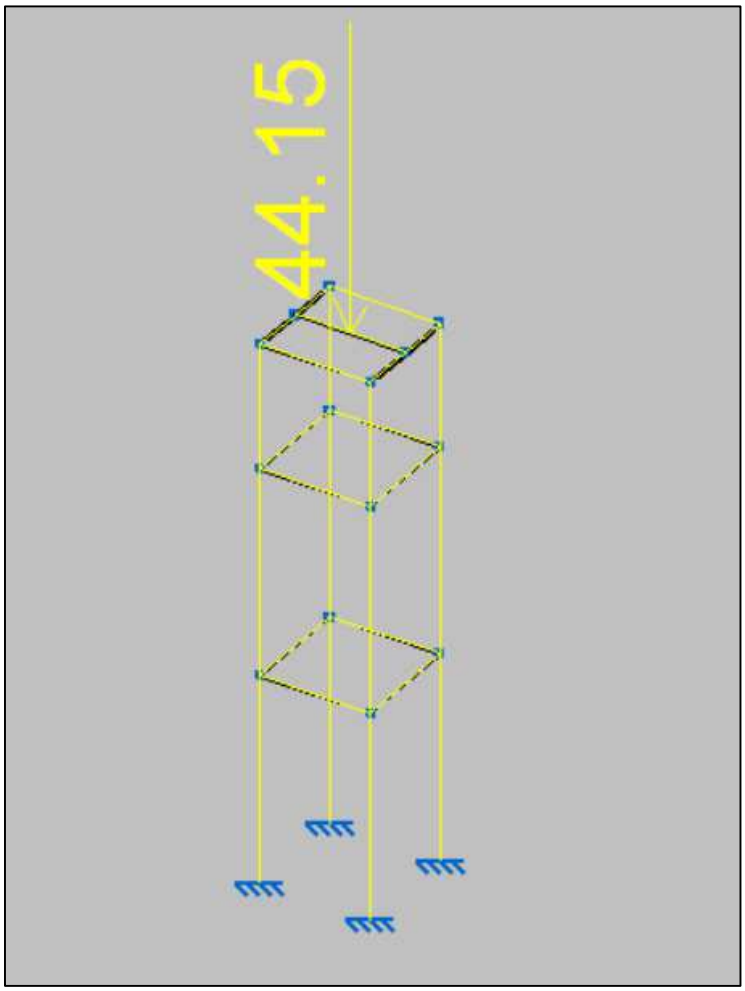
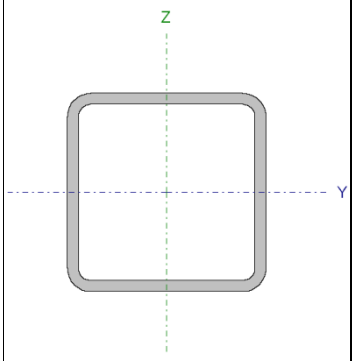


Figura 113. *Estructura del ascensor con carga aplicada*

Las vigas trabajarán a flexión y a cortante, mientras que los pilares trabajarán a compresión. Dada la gran envergadura de las comprobaciones, únicamente se adjuntarán las mencionadas anteriormente para cada barra con el fin de no alargar en exceso el contenido del presente documento.

VIGA INTERMEDIA

Perfil: SHS 100x6.0
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_v (1) (cm4)	I_z (1) (cm4)	I_t (2) (cm4)
N17	N18	1.600	21.61	309.86	309.86	513.26

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	1.600	1.600	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.982*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.800 m del nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *20.49* 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:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *20.86* 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*

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,v}}$: *79.63* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$ η : ***0.188*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N17, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *29.98* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $\mathbf{V_{c,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{V_{c,Rd}} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$ $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *159.68* kN

Donde:

$\mathbf{A_v}$: Área transversal a cortante. $\mathbf{A_v}$: *10.56* cm²

$$\mathbf{A_V} = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

$\mathbf{d}$: Altura del alma. $\mathbf{d}$: *88.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *6.00* mm

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_v}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_v}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t_w}} < 70 \cdot \varepsilon$$ **14.67** < **64.71** ✓

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. λ_w : *14.67*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{máx}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. f_{ref} : *235.00* MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : *275.00* MPa

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \qquad \textbf{29.98 kN} \leq \textbf{79.84 kN}$$ ✓

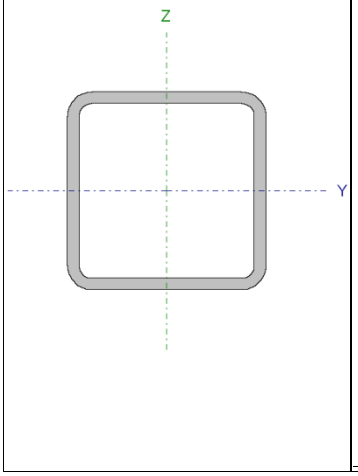
Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : *29.98* kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: *159.68* kN

VIGA ANILLO

Perfil: SHS 80x5.0
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	I_y(1) (cm4)	I_z(1) (cm4)	I_t(2) (cm4)
N13	N18	0.800	14.34	130.71	130.71	217.40

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	2.00	0.00	0.00
L_K	0.800	1.600	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.704*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.750 m del nudo N13, para la combinación de acciones 1.35·PP.

M_{Ed}^+: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. **M_{Ed}^+** : *7.79* 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:

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$M_{c,Rd}$: *11.07* 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. **$W_{pl,y}$** : *42.25* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.143*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.040 m del nudo N13, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : *15.11* kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$V_{c,Rd}$: *105.85* kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante. **A_v** : *7.00* cm²

$$A_V = 2 \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

d: Altura del alma. **d** : *70.00* mm

$\mathbf{t_w}$: Espesor del alma. $\mathbf{t_w}$: *5.00* mm

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{t_w}} < 70 \cdot \varepsilon \qquad \mathbf{14.00} < \mathbf{64.71}$$ ✓

Donde:

$\lambda_{\mathbf{w}}$: Esbeltez del alma. $\lambda_{\mathbf{w}}$: *14.00*

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

$\lambda_{\mathbf{máx}}$: Esbeltez máxima. $\lambda_{\mathbf{máx}}$: *64.71*

$$\lambda_{max} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. ε : *0.92*

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

$\mathbf{f_{ref}}$: Límite elástico de referencia. $\mathbf{f_{ref}}$: *235.00* MPa

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo $\mathbf{V_{Ed}}$ no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $\mathbf{V_{c,Rd}}$.

$$\mathbf{V_{Ed}} \leq \frac{\mathbf{V_{c,Rd}}}{2} \qquad \mathbf{15.11\ kN} \leq \mathbf{52.92\ kN}$$ ✓

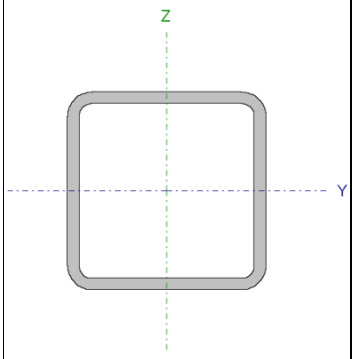
Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

$\mathbf{V_{Ed}}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{V_{Ed}}$: *15.11* kN

$\mathbf{V_{c,Rd}}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $\mathbf{V_{c,Rd}}$: *105.85* kN

PILAR

Perfil: SHS 80x5.0
Material: Acero (S275)



Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
Inicial	Final		Área (cm²)	$I_y^{(1)}$ (cm4)	$I_z^{(1)}$ (cm4)	$I_t^{(2)}$ (cm4)
N3	N13	1.900	14.34	130.71	130.71	217.40

Notas:
(1) Inercia respecto al eje indicado
(2) Momento de inercia a torsión uniforme

	Pandeo		Pandeo lateral	
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.
β	1.00	1.00	0.00	0.00
L_K	1.900	1.900	0.000	0.000
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000
C_1	-		1.000	

Notación:
β: Coeficiente de pandeo
L_K: Longitud de pandeo (m)
C_m: Coeficiente de momentos
C_1: Factor de modificación para el momento crítico

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: ***0.72*** ✓

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** : *14.34* cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico. **N_{cr}** : *750.43* 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. **$N_{cr,y}$** : *750.43* 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. **$N_{cr,z}$** : *750.43* kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{kz}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **$N_{cr,T}$** : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L_{kt}^2} \right]$$

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_v** : *130.71* cm4

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z** : *130.71* cm4

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t** : *217.40* cm4

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w** : *0.00* cm6

E: Módulo de elasticidad. **E** : *210000* MPa

G: Módulo de elasticidad transversal. **G** : *81000* MPa

L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y. **L_{kv}** : *1.900* m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z. **L_{kz}** : *1.900* m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión. **L_{kt}** : *0.000* m

i_0: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i_0** : *4.27* cm

$$i_0 = \left(i_y^2 + i_z^2 + y_0^2 + z_0^2 \right)^{0.5}$$

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. **i_v** : *3.02* cm

i_z : *3.02* cm

y_0 , z_0: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y_0** : *0.00* mm

z_0 : *0.00* mm

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** : ***0.041*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$ **η** : ***0.058*** ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.040 m del nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *15.51* kN

La resistencia de cálculo a compresión **$N_{c,Rd}$** viene dada por:

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$ **$N_{c,Rd}$** : *375.60* 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** : *14.34* cm²

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M0} : *1.05*

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $\mathbf{N_{b,Rd}}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$\mathbf{N_{b,Rd}} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$ $\mathbf{N_{b,Rd}}$: *266.37* kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A** : *14.34* cm²

$\mathbf{f_{yd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{yd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \left(\bar{\lambda}\right)^2}} \leq 1$$

χ_y : *0.71*

χ_z : *0.71*

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot \left(\bar{\lambda} - 0.2\right) + \left(\bar{\lambda}\right)^2\right]$$

ϕ_y : *0.89*

ϕ_z : *0.89*

α: Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : *0.49*

α_z : *0.49*

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}_y$: *0.72*

$\bar{\lambda}_z$: *0.72*

$\mathbf{N_{cr}}$: Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $\mathbf{N_{cr}}$: *750.43* kN

$\mathbf{N_{cr,y}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $\mathbf{N_{cr,y}}$: *750.43* kN

$\mathbf{N_{cr,z}}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. $\mathbf{N_{cr,z}}$: *750.43* kN

$\mathbf{N_{cr,T}}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión. $\mathbf{N_{cr,T}}$: ∞

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.308*** ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.860 m del nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *3.41* kN·m

Para flexión negativa:

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *0.00* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *11.07* 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*

$\mathbf{W_{pl,y}}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2. $\mathbf{W_{pl,y}}$: *42.25* cm³

$\mathbf{f_{vd}}$: Resistencia de cálculo del acero. $\mathbf{f_{vd}}$: *261.90* MPa

$$\mathbf{f_{yd}} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

$\mathbf{f_y}$: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $\mathbf{f_y}$: *275.00* MPa

$\gamma_{\mathbf{M0}}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{\mathbf{M0}}$: *1.05*

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

η : ***0.106*** ✓

Para flexión positiva:

$\mathbf{M_{Ed}^+}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^+}$: *0.00* kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.860 m del nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$\mathbf{M_{Ed}^-}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $\mathbf{M_{Ed}^-}$: *1.17* kN·m

El momento flector resistente de cálculo $\mathbf{M_{c,Rd}}$ viene dado por:

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,z} \cdot f_{yd}$$

$\mathbf{M_{c,Rd}}$: *11.07* 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. **$W_{pl,z}$** : *42.25* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : *1.05*

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

η : ***0.454*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_z \cdot k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : ***0.440*** ✓

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1$$

η : ***0.357*** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 1.860 m del nudo N3, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. **$N_{c,Ed}$** : *15.24* kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. **$M_{y,Ed}^{+}$** : *3.41* kN·m

$M_{z,Ed}^{-}$: *1.17* 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 compresión de la sección bruta. **$N_{pl,Rd}$** : *375.60* 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. **$M_{pl,Rd,y}$** : *11.07* kN·m

$M_{pl,Rd,z}$: *11.07* kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta. **A** : *14.34* cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. **$W_{pl,y}$** : *42.25* cm³

$W_{pl,z}$: *42.25* cm³

f_{vd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{vd}** : *261.90* MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : *275.00* MPa

γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material. γ_{M1} : *1.05*

k_y, k_z: Coeficientes de interacción.

$$k_y = 1 + \left(\bar{\lambda}_y - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$ k_y : *1.03*

$$k_z = 1 + \left(\bar{\lambda}_z - 0.2\right) \cdot \frac{N_{c,Ed}}{\chi_z \cdot N_{c,Rd}}$$ k_z : *1.03*

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente. $C_{m,y}$: *1.00*, $C_{m,z}$: *1.00*

χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. χ_y : *0.71*, χ_z : *0.71*

$\bar{\lambda}_y$, $\bar{\lambda}_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente. $\bar{\lambda}_y$: *0.72*, $\bar{\lambda}_z$: *0.72*

α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección. α_y : *0.60*, α_z : *0.60*

3.6.2. EVACUACIÓN DE AGUAS

Dado que la red de alcantarillado del Polígono Urazandi es separativa, la de la nave también lo será. Se dimensionará e instalará, por una parte, la red de aguas pluviales y por otra, la de aguas fecales. Ambas redes se adecuarán a lo establecido en el **"Documento Básico de Salubridad" DB-SE-HS**, además de tener en cuenta la norma **NTE-ISS** referente a saneamiento. Al tratarse de dos redes independientes,las aguas pluviales y las fecales no se mezclarán en ningún momento.

La función de la red de evacuación de aguas pluviales será la recogida y transporte de dichas aguas desde la cubierta del edificio hasta las arquetas situadas dentro de la parcela. Estas arquetas, dirigirán las aguas a la red general de alcantarillado del Polígono, que a su vez las redirigirá al río Asua.

La red de evacuación de aguas residuales procedentes de la zona de servicios de las oficinas, se recogerán para posteriormente ser evacuadas a la red pública de aguas residuales del Polígono Urazandi.

Las tuberías que forman ambas redes serán de PVC. Se trata de un material con una superficie bastante lisa, la cual facilita el flujo e impide que se produzcan obstrucciones.

En primer lugar se estudiará la aplicación de la **Sección HS 5 "Evacuación de aguas"** al sistema de evacuación de aguas pluviales y posteriormente al sistema de aguas fecales.

3.6.2.1. Red de evacuación de aguas pluviales

Siguiendo los requisitos establecidos en el "Documento Básico de Salubridad" DB- HS, es necesario obtener la intensidad pluviométrica del lugar donde se ubicará la construcción. Esta intensidad pluviométrica (i) se obtendrá consultando la tabla B.1, que indica los valores en función de la isoyeta y de la zona pluviométrica correspondiente a cada localidad.

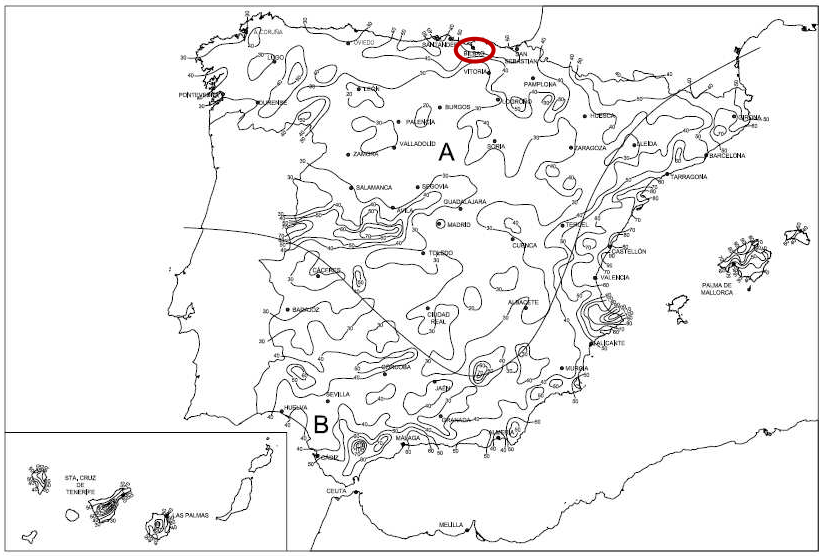


Figura B.1 Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas

Tabla B.1
Intensidad Pluviométrica i (mm/h)

Isoyeta	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Zona A	30	65	90	125	155	180	210	240	275	300	330	365
Zona B	30	50	70	90	110	135	150	170	195	220	240	265

Figura 114. *Mapa con isoyetas y zonas pluviales y tabla con valores correspondientes*

La nave que se ubica en la localidad de Erandio se encuentra dentro de la Zona A, en la isoyeta 50. Por lo que le corresponde una intensidad pluviométrica (i) de 155 mm/h.

3.6.2.1.1. Canalones

Se colocarán canalones a ambos lados de la cubierta. Los canalones se realizarán mediante chapa galvanizada de 1,5 mm de espesor. Cada canalón deberá ser capaz de evacuar el agua que caerá sobre la mitad de la superficie total de la cubierta, es decir, 10,54x56=590,2 m^2. Para un régimen con intensidad pluviométrica diferente de 100 mm/h debe aplicarse un factor de corrección a la superficie de la cubierta tal que:

f = i/100

Donde i es la intensidad pluviométrica calculada en el apartado anterior. Por lo tanto f=155/100=1,55 y S=1,55x590,2=914,81 m^2.

El diámetro nominal del canalón de evacuación de aguas pluviales será de sección trapezoidal y contará con una inclinación del 2%. Una vez aplicado el coeficiente de corrección de superficie, se obtiene el diámetro del semicírculo mediante la siguiente tabla:

Tabla 4.7 Diámetro del canalón para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Máxima superficie de cubierta en proyección horizontal (m^2)				*Diámetro nominal* del canalón (mm)
Pendiente del canalón				
0.5 %	1 %	2 %	4 %	
35	45	65	95	100
60	80	115	165	125
90	125	175	255	150
185	260	370	520	200
335	475	670	930	250

Figura 115. *Tabla para el dimensionamiento de los canalones*

El diámetro nominal de los canalones será de 250 mm.

3.6.2.1.2. Sumideros

Los sumideros son agujeros que conectan los canalones con las bajantes actuando como desagüe de las aguas pluviales en la cubierta. El número de sumideros empleados depende de la superficie horizontal de la cubierta. Se colocarán sumideros a ambos lados de la cubierta, por lo que a cada uno le corresponderá la mitad de la superficie, es decir, el valor calculado anteriormente 914,81 m^2. Consultando la siguiente tabla en función de la superficie de la cubierta 914,81 m^2 > 500 m^2, se deberán colocar sumideros cada 150 m^2.

Tabla 4.6 Número de sumideros en función de la superficie de cubierta

Superficie de cubierta en proyección horizontal (m^2)	Número de sumideros
S < 100	2
100≤ S < 200	3
200 < S < 500	4
S > 500	1 cada 150 m^2

Figura 116. *Tabla para el dimensionamiento de los sumideros*

Los 6 sumideros instalados en cada lado de la nave, suman un total de 12 sumideros.

3.6.2.1.3. Bajantes

El diámetro correspondiente de las bajantes se obtiene de la siguiente tabla en función de la superficie horizontal de la cubierta. Se empleará el mismo valor que se ha venido usando en los apartados superiores, 914,81 m^2.

Tabla 4.8 Diámetro de las bajantes de *aguas pluviales* para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Superficie en proyección horizontal servida (m^2)	*Diámetro nominal* de la *bajante* (mm)
65	50
113	63
177	75
318	90
580	110
805	125
1.544	160
2.700	200

Figura 117. *Tabla para el dimensionamiento de las bajantes*

Las bajantes serán de PVC de diámetro 160 mm.

3.6.2.1.4. Colector de aguas pluviales

El diámetro de los colectores de aguas pluviales se calcula con la ayuda de la siguiente tabla, en función de la pendiente (2%) y de la superficie a la que sirve (914,81 m^2).

Tabla 4.9 Diámetro de los *colectores* de *aguas pluviales* para un régimen pluviométrico de 100 mm/h

Superficie proyectada (m^2)			*Diámetro nominal* del *colector* (mm)
Pendiente del *colector*			
1 %	2 %	4 %	
125	178	253	90
229	323	458	110
310	440	620	125
614	862	1.228	160
1.070	1.510	2.140	200
1.920	2.710	3.850	250
2.016	4.589	6.500	315

Figura 118. *Tabla para el dimensionamiento del colector*

Los colectores que conectarán las diferentes arquetas de paso serán de PVC de 200 mm de diámetro.

3.6.2.1.5. Arquetas para recogida de aguas pluviales

La siguiente tabla determina las dimensiones mínimas (LxA) de las arquetas de recogida de aguas pluviales. Es necesario conocer el diámetro de los colectores de salida (200 mm).

Tabla 4.13 Dimensiones de las arquetas

	Diámetro del *colector* de salida [mm]								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
L x A [cm]	40 x 40	50 x 50	60 x 60	60 x 70	70 x 70	70 x 80	80 x 80	80 x 90	90 x 90

Figura 119. *Tabla para el dimensionamiento de las arquetas*

Se obtienen unas dimensiones mínimas de arqueta de 60x60 cm.

3.6.2.2. Red de evacuación de aguas fecales

Para llevar a cabo el dimensionamiento de la red de aguas fecales es necesario conocer el número de aparatos que formarán el sistema (inodoros, duchas, lavabos, etc.). Para ello se han atendido las disposiciones descritas en la **"Guia técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo"** del **Ministerio de Empleo y Seguridad Social.**

La guía establece (pág 49) que los retretes deberán estar en recintos individuales. El número de inodoros recomendable será 1 por cada 15 mujeres y 1 inodoro y 1 urinario por cada 25 hombres.

En lo que se refiere a vestuarios, la guía establece (pág 48) que será necesaria su implantación cuando los trabajadores deban llevar ropa especial de trabajo y no se les pueda pedir, por otras razones de higiene o decoro, que se cambien en otras dependencias. El ratio mínimo de duchas recomendado es 1 por cada 10 trabajadores.

Teniendo en cuenta las disposiciones anteriores y el número de trabajadors de la empresa, que será inferior a 50, de los cuales la mitad trabajarán en las oficinas y la mitad restante en la fábrica, se instalará 1 inodoro y 2 lavabos en el aseo de mujeres de la planta baja y dos inodoros y dos lavabos en la primera planta; 2 inodoros, 1 urinario y 2 lavabos por cada aseo de hombres (planta baja y primera plata); y 1 inodoro y 1 lavabo adaptado para personas con movilidad reducida en la planta baja. El vestuario contará con una ducha además de con 1 inodoro, 1 urinario y 2 lavabos.

Planta baja

Aseo mujeres

- 1 inodoro
- 2 lavabos

Aseo minusvalidos

- 1 inodoro
- 1 lavabo

Aseo hombres

- 2 inodoros
- 1 urinario
- 2 lavabos

Vestuario

- 1 ducha
- 1 inodoro
- 1 urinario
- 2 lavabos

1º Planta

Aseo mujeres

- 2 inodoros
- 2 lavabos

Aseo hombres

- 2 inodoros
- 1 urinario
- 2 lavabos

A continuación, se procederá a la adjudicación de UD de desagüe a cada tipo de aparato y los diámetros mínimos de sifones que se establecen en la tabla inferior, teniendo en cuenta que el uso de los mimos será privado.

Tabla 4.1 UDs correspondientes a los distintos aparatos sanitarios

Tipo de aparato sanitario		Unidades de desagüe UD		Diámetro mínimo sifón y derivación individual (mm)	
		Uso privado	Uso público	Uso privado	Uso público
Lavabo		1	2	32	40
Bidé		2	3	32	40
Ducha		2	3	40	50
Bañera (con o sin ducha)		3	4	40	50
Inodoro	Con cisterna	4	5	100	100
	Con fluxómetro	8	10	100	100
Urinario	Pedestal	-	4	-	50
	Suspendido	-	2	-	40
	En batería	-	3.5	-	-
Fregadero	De cocina	3	6	40	50
	De laboratorio, restaurante, etc.	-	2	-	40
Lavadero		3	-	40	-
Vertedero		-	8	-	100
Fuente para beber		-	0.5	-	25
Sumidero sifónico		1	3	40	50
Lavavajillas		3	6	40	50
Lavadora		3	6	40	50
Cuarto de baño (lavabo, inodoro, bañera y bidé)	Inodoro con cisterna	7	-	100	-
	Inodoro con fluxómetro	8	-	100	-
Cuarto de aseo (lavabo, inodoro y ducha)	Inodoro con cisterna	6	-	100	-
	Inodoro con fluxómetro	8	-	100	-

Figura 120. *Tabla de UDs correspondientes a diferentes aparatos*

Aparato	UD de desagüe	Diámetro mínimo del sifón (mm)
Lavabo	1	32
Ducha	2	40
Inodoro con cisterna	4	100
Urinario suspendido	2	40

Planta baja

Aseo mujeres

- 1 inodoros → 4 UD.
- 2 lavabos → 2 UD.

Aseo minusvalidos

- 1 inodoro → 4 UD.
- 1 lavabo → 1 UD.

Aseo hombres

- 2 inodoros → 8 UD.
- 1 urinario → 2 UD.
- 2 lavabos → 2 UD.

Vestuario

- 1 ducha → 2 UD.
- 1 inodoro → 4 UD.
- 1 urinario→ 2 UD.
- 2 lavabos → 2 UD.

Total de UD de desagüe → 33

1º Planta

Aseo mujeres

- 2 inodoros → 8 UD.
- 2 lavabos → 2 UD.

Aseo hombres

- 2 inodoros → 8 UD.
- 1 urinario → 2 UD.
- 2 lavabos → 2 UD.

Total de UD de desagüe → 22

Dada la distribución de los aseos y el vestuario, se establecerán dos ramales para evacuación de las aguas fecales. El primer ramal será el encargado de evacuar las aguas del aseo de hombres y del vestuario de la planta baja, que suman un total de 22 UD. de desagüe. El segundo ramal será el encargado de evacuar las aguas de los aseos de hombres y de mujeres de la 1º planta por una bajante que se juntará con las aguas del aseo de mujeres y minusválidos de la planta baja, sumando un total de 33 UD. de desagüe.

3.6.2.2.1.1. Ramales colectores

Siendo el número máximo de UD de desagüe de 24 para el primer ramal y 34 para el segundo, y considerando una pendiente del ramal colector de 2%, se obtiene para ambos casos un diámetro mínimo de 90 mm.

Tabla 4.3 Diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y *bajante*

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
Pendiente			
1 %	2 %	4 %	
-	1	1	32
-	2	3	40
-	6	8	50
-	11	14	63
-	21	28	75
47	60	75	90
123	151	181	110
180	234	280	125
438	582	800	160
870	1.150	1.680	200

Figura 121. *Tabla pare el dimensionamiento de los colectores*

3.6.2.2.1. Bajantes de aguas residuales

El dimensionado de las bajantes se realizará de tal forma que no se sobrepase el límite de ±250 Pa de variación de pesión. El diámetro de las bajantes se obtendrá de la siguiente tabla:

Tabla 4.4 Diámetro de las *bajantes* según el número de alturas del edificio y el número de UD

Máximo número de UD, para una altura de *bajante* de:		Máximo número de UD, en cada ramal para una altura de *bajante* de:		Diámetro (mm)
Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	Hasta 3 plantas	Más de 3 plantas	
10	25	6	6	50
19	38	11	9	63
27	53	21	13	75
135	280	70	53	90
360	740	181	134	110
540	1.100	280	200	125
1.208	2.240	1.120	400	160
2.200	3.600	1.680	600	200
3.800	5.600	2.500	1.000	250
6.000	9.240	4.320	1.650	315

Figura 122. *Tabla pare el dimensionamiento de las bajantes*

Teniendo en cuenta que el edificio cuenta con 2 plantas, el diámetro de la bajante de la primera planta será 75 mm.

3.6.2.2.2. Colectores horizontales

Los colectores horizontales se dimensionan para funcionar a media sección, bajo condiciones uniformes de flujo, hasta un máximo de tres cuartos de sección. El diámetro mínimo de los colectores horizontales se obtiene con ayuda de la siguiente tabla:

Tabla 4.5 Diámetro de los *colectores* horizontales en función del número máximo de UD y la pendiente adoptada

Máximo número de UD			Diámetro (mm)
Pendiente			
1 %	2 %	4 %	
-	20	25	50
-	24	29	63
-	38	57	75
96	130	160	90
264	321	382	110
390	480	580	125
880	1.056	1.300	160
1.600	1.920	2.300	200
2.900	3.500	4.200	250
5.710	6.920	8.290	315
8.300	10.000	12.000	350

Figura 123. *Tabla pare el dimensionamiento de los colectores*

Teniendo en cuenta que la pendiente será del 2%, y que la suma de las UD. de desagüe de ambos ramales es 58, se obtiene un colector de ø90 mm.

3.6.2.2.3. Arquetas para recogida de aguas fecales

Para el dimensionamiento de las arquetas de aguas fecales se empleará la misma tabla que en el dimensionamiento de arquetas para aguas pluviales.

Tabla 4.13 Dimensiones de las arquetas

	Diámetro del *colector* de salida [mm]								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
L x A [cm]	40 x 40	50 x 50	60 x 60	60 x 70	70 x 70	70 x 80	80 x 80	80 x 90	90 x 90

Figura 124. *Tabla pare el dimensionamiento de las arquetas*

Las dimensiones mínimas (LxA) de dichas arquetas serán 40x40 cm.

3.6.3. SUMINISTRO DE AGUAS

El dimensionado de la instalación de suminstro de agua se hará respetando lo establecido en la **Sección HS 4 "Suministro de agua"**.

La red de suministro de agua del edifico estará conectada a la red de abastecimiento municipal del Polígono Urazandi. El ayuntamiento será el responsable del suministro de agua con las condiciones sanitarias adecuadas.

Se diseñarán dos tipos de redes de abastecimiento, una de agua fría y otra de agua caliente (ACS). Los conductos de la instalación serán de cobre tanto para el agua fría como para el agua caliente.

Para el suministro de agua caliente sanitaria (ACS) se colocará un calentador eléctrico en uno de los aseos que abastecerá de agua caliente a los aseos y las duchas de los vestuarios.

- **Elementos que componen la instalación**

  - Acometida: Se trata de la tubería y elementos que enlazan la red de distribución con la instalación interior general. Consta de los siguientes elementos: toma, válula de registro o de corte general y válvuloa de paso.
  - Toma: Se coloca sobre la tubería de distriución y realiza el enlace entre la acometida y la red. Conviene qu el sistema empleado permita realizar maniobras en la red sin que esta deje de estar en servicio.
  - Válvula de registro: Se sitúa en el exterior de la propiedad, en la vía pública, alojada en un registro fácilmente identificable y que permitirá el cierre del suministro a cargo de la empresa suministradora. El contador será istalado también por la empresa suministradora y podrá contar además con la instalación de filtros, grifos de comprobación, etc.
  - Válvula de paso: Realizará la unión entre la acometida y la istalación interior del edificio. Se situará dentro de la propiedad y podrá ser manejada por el usuario en caso necesario.
  - Tubería de alimentación y red interior: Tubería que enlaza la válula de paso con el interior de la nave, donde se instalarán los diferentes aparatos, tales como: lavabos, duchas, urinarios, etc.

3.6.3.1. Instalación de agua fría

Las canalizaciones de la fonatería estarán situadas bajo el pavimento en los tramos que pertenezcan al exterior de las instalaciones y discurrirán por encima del falso techo en el interior del edificio.

El tendido de tuberías de agua fría debe realizarse de forma que no resulte afectada por focos de calor, por lo que deberán separarse adecuadamente de las canaliaciones de agua caliente (ACS), manteniendo una distancia de al menos 4 cm. Además, si las dos tuberías se encuentran en un mismo plano, la de agua fría debe ir siempre por debajo que la de agua caliente.

El caudal máximo probable, Q_{max}, expresado en litros por segundo, es el dato base para el cálculo de la red, que ésta debe ser dimensionada expresamente para esta circunstancia puntual.

Para la obtención del Q_{max} resulta necesario establecer los caudales de los aparatos instalados, consultando la Tabla 2.1. del DB-HS, y posteriormente sumarlos.

Tabla 2.1 Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría [dm³/s]	Caudal instantáneo mínimo de ACS [dm³/s]
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo	0,10	0,065
Ducha	0,20	0,10
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	-
Inodoro con fluxor	1,25	-
Urinarios con grifo temporizado	0,15	-
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04	-
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15	0,10
Grifo garaje	0,20	-
Vertedero	0,20	-

Figura 125. *Caudal mínimo para cada aparato*

La formula universal para el cálculo del caudal máximo necesario en casos de simultaneidad en edificios con régimen funcional único es la siguiente:

$$K_p = \frac{1}{\sqrt{n-1}}$$

Donde;

K_p Coeficiente (≤1) que ha de multiplicar a los caudales instalados para obtener Q_{max}

n número total de aparatos servidos

Esta formula es establecida por la Norma Francesa NP 41-204 para toda clase de edificios. Se comprende que esxisten otras formulas genéricas y específicas para los diferentes tipos de edificación, pero en este caso se empleará ésta.

Teniendo en cuenta el siguiente esquema, el número de aparatos instalados en cada planta y los caudales mínimos correspondientes a cada aparato, se realizará el siguiente cálculo:

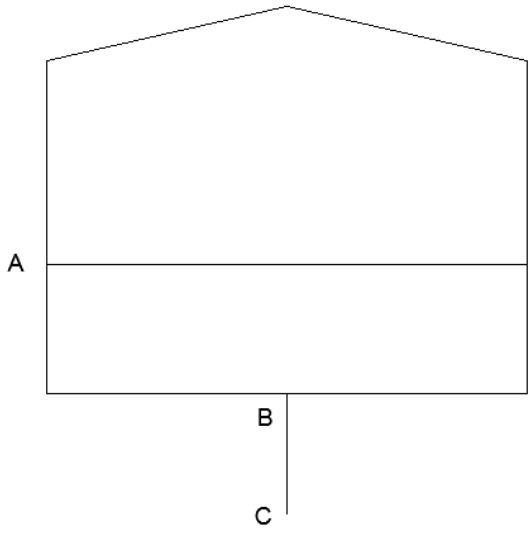


Figura 126. *Equema de tramos de la instalación*

1º Planta

Aparato	Nº de aparatos	Caudal mínimo del aparato (l/s)	Cudal total de cada tipo de aparato (l/s)
Inodoro con cisterna	4	0,1	0,4
Inodoro con fluxor	1	1,25	1,25
Lavabo	4	0,1	0,4

TOTAL: 2,05 l/s

Planta baja

Aparato	Nº de aparatos	Caudal mínimo del aparato (l/s)	Cudal total de cada tipo de aparato (l/s)
Inodoro con cisterna	5	0,1	0,5
Inodoro con fluxor	2	1,25	2,5
Lavabo	7	0,1	0,7
Ducha	1	0,2	0,2

TOTAL: 3,9 l/s

Tramo	Q_T (l/s) Caudal total	Nº de aparatos	K_p	Q_p (l/s)
AB	2,05	9	0,353	0,725
BC	5,95	24	0,208	1,24

Por lo que se deberá dimensionar la instalación de abastecimiento de agua fría para un caudal máximo de 1,24 l/s.

Consultando el ábaco (Figura 110) del primer tomo del libro de Luis Jesús Arizmendi Barnes “Cálculo y Normativa Básica de las Instalaciones en los Edificios”, se obtendrá el diámetro de las tuberías de conducción de agua fría.

La línea planteada no coincide con el presente caso, pero puede apreciarse que para una velocidad recomendada de v=1 m/s y para un caudal Q= 1,24 l/s, debería emprearse un diámetro de tuberías aproximado de 40 mm.

De la tabla 4.2. del DB-HS se obtienen los diámetros mínimos para cada derivación y que se resumen en la siguiente tabla:

Aparato	Diametro nominal del ramal de enlace (tubo de cobre)
Lavabo	12
Ducha	12
Inodoro con cisterna	12
Inodoro con fluxor	25-40

Todos los aparatos sanitarios llevarán su correspondiente llave para regularlos, y estarán dotados de sus correspondientes juntas de goma que aporten una correcta estanqueidad.

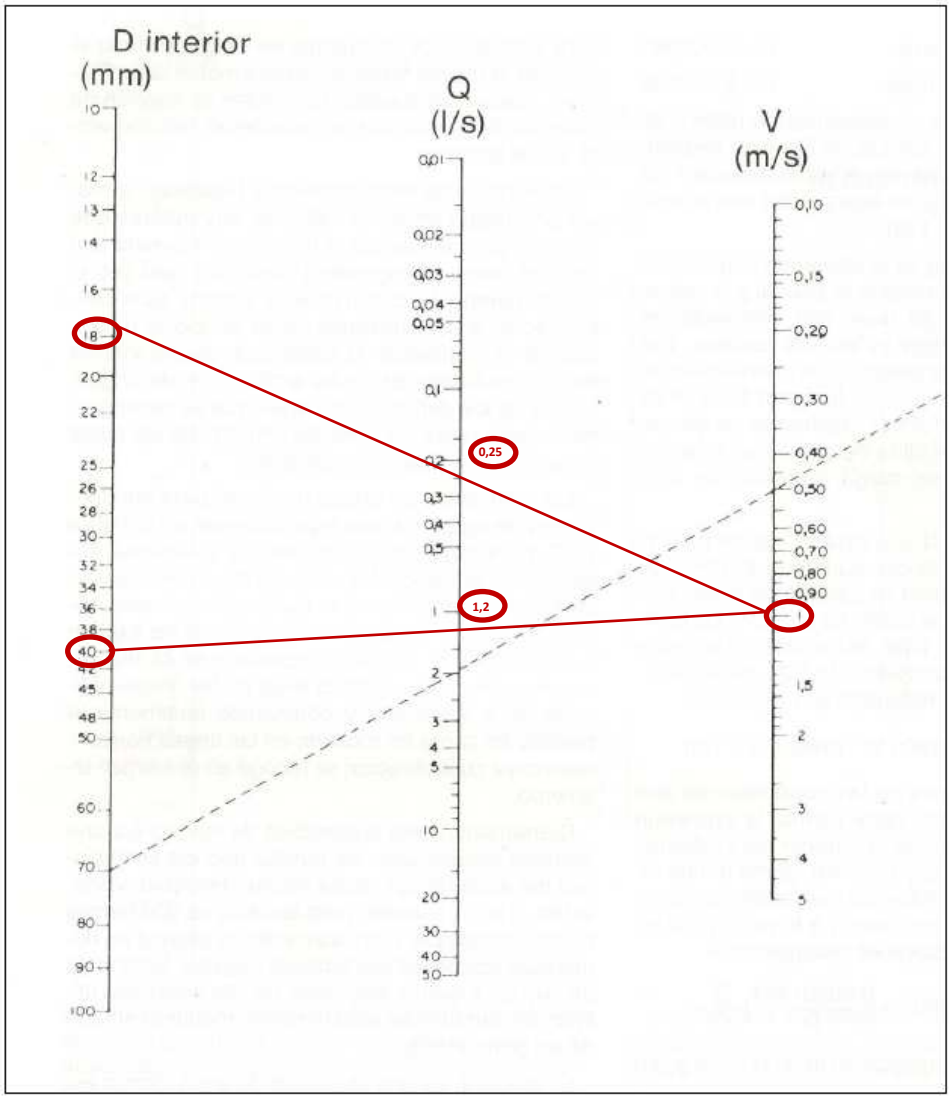


Figura 127. *Ábaco para el cálculo del diámetro de las tuberías*

Tabla 4.2 Diámetros mínimos de derivaciones a los aparatos

Aparato o punto de consumo	*Diámetro nominal* del ramal de enlace	
	Tubo de acero	Tubo de cobre o plástico (mm)
Lavamanos	½	12
Lavabo, bidé	½	12
Ducha	½	12
Bañera <1,40 m	¾	20
Bañera >1,40 m	¾	20
Inodoro con cisterna	½	12
Inodoro con fluxor	1- 1 ½	25-40
Urinario con grifo temporizado	½	12
Urinario con cisterna	½	12
Fregadero doméstico	½	12
Fregadero industrial	¾	20
Lavavajillas doméstico	½ (rosca a ¾)	12
Lavavajillas industrial	¾	20

Figura 128. *Diámetros mínimos de las derivaciones de aparatos*

3.6.3.2. Instalación de agua caliente sanitaria (ACS)

Para el sumistro de agua caliente en los aseos y en el vestuario se empleará el acumulador eléctrico gama “ES 50-5 E” de Elacell de 35 litros de capacidad. El termo tiene unas dimensiones de 585x486 m y se instalará en los vestuarios. Cuenta con una potencia de 1600 W y tarda alrededor de1h y 49 minutos en calentar los 50 l de agua (a 50ºC).

Ficha del producto para el consumo de energía

ElacellExcellence

ES 050 5 1600W JU H1X-EDWRB

7736502711

Los siguientes datos de productos corresponden a las exigencias de los Reglamentos Delegados de la UE n.º 811/2013, 812/2013, 813/2013 y 814/2013 por los que se complementan con la Directiva 2010/30/UE.

Datos del producto	Símbolo	Unidad	7736502711
Clase de eficiencia energética de caldeo de agua			C
Emisión de óxido de nitrógeno (solo para gas o gasóleo)	NO_x	mg/kWh	0
Nivel de potencia acústica interior	L_{WA}	dB	15
Perfil de carga declarado			M
Consumo diario de electricidad (condiciones climáticas medias)	Q_{elec}	kWh	6,284
Consumo anual de electricidad	AEC	kWh	1358
Eficiencia energética de caldeo de agua	η_{wh}	%	38
Consumo diario de combustible	Q_{fuel}	kWh	0,000
Consumo anual de combustible	AFC	GJ	0
Agua mixta a 40 ºC	V40	l	71
Volumen de almacenamiento	V	l	47,0
Consumo semanal de combustible con controles inteligentes	$Q_{fuel,week,smart}$	kWh	0,000
Consumo semanal de electricidad con controles inteligentes	$Q_{elec,week,smar}$	kWh	0,000
Consumo semanal de combustible sin controles inteligentes	$Q_{fuel,week}$	kWh	0,000
Consumo semanal de electricidad sin controles inteligentes	$Q_{elec,week}$	kWh	0,000
Ajustes del control de temperatura (estado de suministro)	T_{set}	ºC	60

Figura 129. *Datos técnicos del acumulador Elacell Excellence de 35 l de capacidad*

La red de tuberías que distribuirá el ACS a los distintos aparatos irá colocada sobre el falso techo y cumplirá con las siguientes características:

- La red contará con una pendiente mínima del 2% desde el acumulador hasta los puntos de suministro.
- La conducción de agua caliente se dispondrá a 4 cm, mínimo, de la de agua fría, y siempre por encima de ésta.
- En caso de ser necesario, se dispondrán dilatadores de cobre en los tramos rectos de la red que no superen los 25 m.
- La red consitirá en una red de tuberías sin retorno, ya que el acumulador se colocará en los vestuarios, y el punto más alejado de la red no dista más que unos pocos metros del mismo.

A continuación, se procederá al dimensionamiento de la red de tuberías de cobre de ACS. Para ello se seguirán los mismos pasos dados en el dimensionamiento de la red de agua fría.

El ACS llegará a los lavabos (7 en la planta baja y 4 en la 1º planta) y a la ducha de la planta baja. Consultando la tabla 2.1. del DB-HS se obtienen los caudales minímos de ACS para estos aparatos que son los siguientes:

- Lavabo→ 0,065 l/s
- Ducha→ 0,1 l/s

Apliacando el mismo método empleado en el cálculo de la red de abastecimiento de agua fría:

1º Planta

Aparato	Nº de aparatos	Caudal mínimo del aparato (l/s)	Cudal total de cada tipo de aparato (l/s)
Ducha	1	0,1	0,1
Lavabo	7	0,065	0,455

TOTAL: 0,555 l/s

Planta baja

Aparato	Nº de aparatos	Caudal mínimo del aparato (l/s)	Cudal total de cada tipo de aparato (l/s)
Lavabo	4	0,065	0,26

TOTAL: 0,26 l/s

Tramo	Q_T (l/s) Caudal total	Nº de aparatos	K_p	Q_p (l/s)
AB	0,26	4	0,577	0,15
BC	0,815	12	0,3	0,25

En total se obtiene un caudal de 0,25 l/s. En este caso no se le aplicará ningún coeficiente de simultanedidad con el fin de no sobredimensionar la red, dado que las dimensiones de las tuberías son bastante reducidas. Consultando la tabla 1.12., empleada en el apartado anterior, y para una velocidad de fluido de v=1 m/s, se obtiene un diámetro mínimo de tuberías de 18 mm.