

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

PROYECTO DE NAVE INDUSTRIAL PARA MINERÍA DE CRYPTOMONEDAS

DOCUMENTO 3- ANEXO

Alumno/Alumna: Chen, Zhou, Yunguang

Director/Directora: Marcos, Rodríguez, Iñaki

Curso: 2018/2019

Fecha: 12/02/2019

3. ANEXO

3.1 INTRODUCCIÓN.....	1
3.2 DESCRIPCIÓN DE LA NAVE	1
3.3 CALCULOS.....	3
3.3.1 ACCIONES SOBRE ESTRUCTURA.....	3
3.3.1.1 Acciones Permanentes.....	3
3.3.1.2 Acciones variables.....	4
3.3.2 ELECCIÓN DE CUBIERTA.....	7
3.3.2.1 Peso propio	7
3.3.2.2 SOBRE CARGA DE USO	9
3.3.2.3 Nieve	10
3.3.2.4 Viento.....	12
3.3.2.5 Resumen de las acciones EN CUBIERTA.....	27
3.3.2.6 Combinaciones de acciones.....	28
3.3.2.7 Verificación de la cubierta	30
3.3.6 PARAMENTOS VERTICALES	31
3.3.6.1 Viento.....	32
3.3.6.3 COMBINACIÓN DE ACCIONES DE LA FACHADA	38
3.3.7 ENTREPLANTA	39
3.3.7.1 Calculo placa alveolar	40
3.3.7.3 RESULTADOS	44
3.3.8 ESCALERA	46
3.4 GENERADOR DE PORTICOS	74
3.4.1 INTRODUCCION DE DATOS DE OBRA.....	74
3.4.2 CALCULO DE CORREA.....	79
3.4.2.1 Correas de cubierta.....	79
3.4.2.2 Correas laterales	86
3.5 ESTUDIO EN NUEVO METAL 3D	92
3.5.1 CREACIÓN DEL PORTICO	92

3.5.2 INTRODUCCIÓN DE LAS BARRAS.....	93
3.5.3 INTRODUCCIÓN DE PANDEO	93
3.5.4 INTRODUCCIÓN DEL PANDEO LATERAL.....	96
3.5.5 FLECHA LÍMITE	97
3.5.6 CARGAS	97
3.5.7 ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE LAS BARRAS (E.L.U.).....	101
3.5.7.1 Pilares de los pórticos EHB 280.....	101
3.5.7.2 Pirales de los pórticos EHB 360.....	124
3.5.7.3 Pilar del pórtico EHB180	151
3.5.7.4 Dintel IPE 270.....	177
3.5.7.5 Dintel IPE 4507	205
3.5.7.6 Viga contraviento.....	228
3.5.7.7 Viga de atado	245
3.5.7.8 Pilar entreplanta IPE 270	261
3.5.7.9 Viga entreplanta IPE 330.....	284
3.5.7.10 Viga estructura escalera.....	305
3.5.7.11 Viga soporte escalera IPE 330.....	314
3.5.7.12 Pilarillos EHB 220	330
3.5.7.13 Viga soporte climatizador	352
3.6 UNIONES	367
3.6.1 DATOS GENERALES DE LOS ELEMENTOS DE UNIÓN EN CYPECAD	367
3.6.2 RESULTADO UNIONES.....	369
3.6.2.1 Tipo 1: Pilar EHB180-Dintel IPE270 (Pórtico 1)	369
3.6.2.2 Tipo 2: Pilarillo EHB220-Dintel IPE270 (Portico 1)	378
3.6.2.3 Tipo 3: Dintel IPE270 (Pórtico 1)	382
3.6.2.4 Tipo4: Pilarillo EHB220-Viga puerta principal IPE300	390
3.6.2.5 Tipo 5: Pilar EHB220-Viga puerta principal IPE300	397
3.6.2.6 Tipo 6: Dintel IPE450 (Pórtico centrales)	401
3.6.2.7 TIPO 7: Pilar EHB360-Dintel IPE450 (Portico centrales).....	408
3.6.2.8 Tipo 8: Dintel IPE450-Viga soporte climatizador EHA100.....	421
3.6.2.9 TIPO 9: Pilar EHB280-Viga entreplanta IPE330	423

3.6.2.10 Tipo 10: Pilar entreplanta IPE270-Viga entreplanta IPE330	433
3.6.2.11 TIPO 11Viga entreplanta IPE330-Viga estructura escalera IPE330.....	439
3.6.2.12 TIPO 12: Dintel IPE270 (Pórtico 11)	443
3.6.2.13 Tipo 13: Pilarillo EHB220-Viga entreplanta IPE330.....	457
3.6.2.14 Tipo 14: Pilar EHB360-Viga puerta emergencia EHB200	468
3.6.2.15 Tipo 15: Pilar puerta emergencia EHB120-Viga puerta emergencia EHB200.....	473
3.6.2.16 Tipo A: Tirante Ø 15	480
3.6.2.17 Tipo B: Tirante Ø 15	482
3.6.2.18 Tipo C : Tirante Ø10	483
3.6.2.19 Tipo D: Tirante Ø15.....	484
3.6.2.20 Tipo E: Tirante Ø15	486
3.6.2.22 Tipo F: Tirante Ø12.....	487
3.6.2.23 Tipo G: Tirante Ø12.....	489
3.6.2.24 Tipo H: Tirante Ø12.....	490
3.6.2.25 Tipo I: Tirante Ø12	492
3.6.2.26 Tipo J: Tirante Ø12	493
3.7 PLACA DE ANCLAJE.....	495
3.7.1 AGRUPACIÓN	495
3.7.2 COMPROBACIONES.....	497
3.7.2.1 Grupo 1	497
3.7.2.2 Grupo 2	501
3.7.2.3 Grupo 3	505
3.7.2.4 Grupo 4	510
3.7.2.5 Grupo 5	513
3.7.2.6 Grupo 6	518
3.7.2.7 Grupo 7	522
3.7.2.8 Grupo 8	527
3.8 ZAPATAS.....	530
3.8.1 AGRUPACIÓN	531
3.8.2 COMPROBACIONES.....	532
3.8.2.1 Grupo 1	532

3.8.2.2 Grupo 2	534
3.8.2.3 Grupo 3	536
3.8.2.4 Grupo 4	538
3.9 SOLERA	540
3.10 RED DE SANEAMIENTO	542
3.10.1 RED DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES.....	543
3.11 FONTANERÍA	551
3.11.1 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN DE AGUA FRÍA	551
3.11.2 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE (NTE-IFC)	554

3.1 INTRODUCCIÓN

En el presente documento se detallan los cálculos realizados para dimensionar los elementos que componen la estructura metálica.

Para empezar, se ha utilizado el modulo **Generador de Pórticos** del programa **CypeCad 2017** donde se definen la geometría y las cargas que tiene que soportar la estructura, en este módulo también nos permite optimizar el dimensionamiento de las correas e introducir un muro en el pórtico.

Una vez definido la geometría, las cargas y las correas se exporta la obra al módulo **Metal 3D**, donde se permite la introducción de cargas adicionales así, como el dimensionamiento de todos los elementos. Realiza los cálculos de uniones, placas de anclaje y cimentación.

Todos los calculo que se van a realizar seguirán las indicaciones de “**Código Técnico de la Edificación**” (CTE) y todos sus “**Documentos Básicos**” (DB).

3.2 DESCRIPCIÓN DE LA NAVE

La nave industrial está formada por 11 pórticos y están separados a 5 metros entre sí, tiene una longitud de 50 metros en total, siguiendo las disposiciones del CTE, que prohíben la existencia de elementos longitudinales continuos de más de 40 metro de longitud, resulta necesaria la colocación de una junta de dilatación en el edificio. Dicha junta se ubicará en el pórtico central, 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 y vigas de atado.

La altura máxima de la nave se ha establecido 9 metros cumpliendo normativa urbanística de Torre Pacheco con una pendiente de 11, 3º siendo así la anchura de la nave 20 metros.

Se reserva un espacio de 5x20 metros cuadros para almacén y área de trabajos para personares de mantenimiento.

Resumen de datos de la nave industrial:

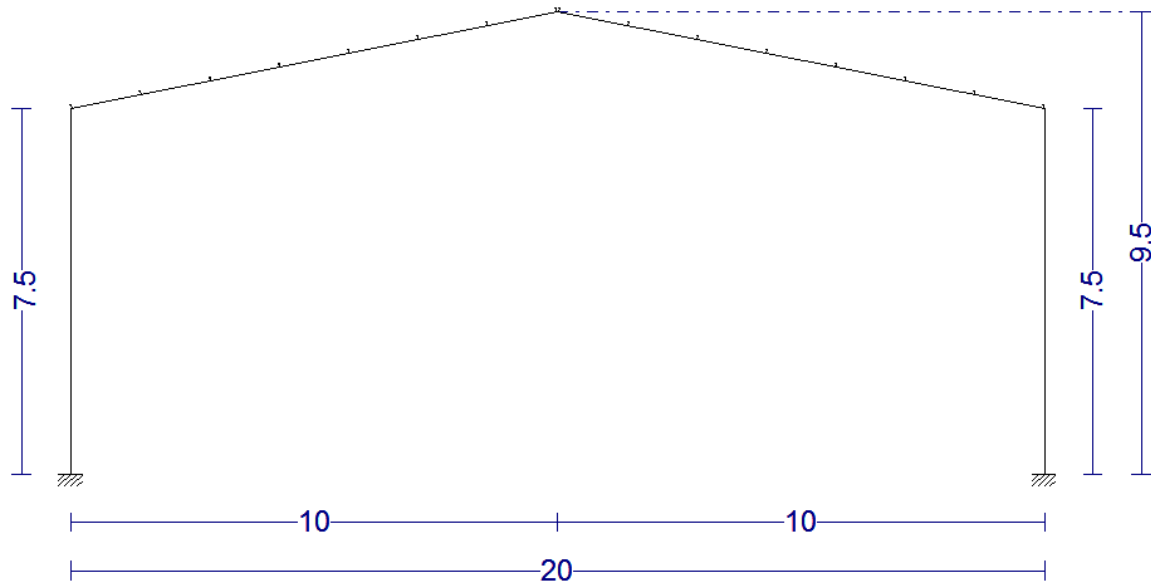


Fig 1. Generador de pórtico

- Nave de estructura metálica con cubierta a dos aguas
- Longitud: 50 m
- Luz: 20 m
- Distancia entre pórticos: 5 m
- Inclinación de la cubierta: 11, 3º
- Junta de dilatación: Se supone en el pórtico central de la nave (pórtico nº 6)
- Altura libre: 7 m
- Altura en cumbrera: 9 m
- Cubierta y fachada: Panel sándwich sobre correas
- Ubicación: Polígono Roldan, Torre-Pacheco

3.3 CALCULOS

3.3.1 ACCIONES SOBRE ESTRUCTURA

Las acciones que actúa sobre la estructura viene definidas por la normativa CTE en documento básico SE-AE “Seguridad Estructural Acciones en la edificación”.

Las acciones que se debe tener en cuenta son las siguientes:

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.

3.3.1.1 Acciones Permanentes

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 (como pavimentos, guarnecidos, enlucidos, falsos techos), rellenos (como los de tierras) y equipo fijo.

En la estructura estudiada se distinguen tres situaciones de carga permanente distintas:

- Correas de cubierta

Son el elemento constructivo que va apoyado sobre las vigas principales, y a su vez sirven de soporte del panel que actúa como cubierta.

En este caso se utiliza un perfil IPE de acero laminado con una sección en doble T. El uso de este tipo de perfiles resulta más económico en general, debido a su alto rendimiento mecánico. Además, el paralelismo de las alas y su espesor constante favorece la construcción y montaje.

- Dinteles

Desde el punto de vista estructural el dintel trabaja como viga que soporta los esfuerzos de flexión que afectan a las tracciones y compresiones de una misma sección.

Las acciones sobre ellos son los que aparecen en los apoyos (casquillos) de las correas de sujeción, derivadas de la transmisión del peso de la cubierta y de las propias correas, que serán convenientemente dimensionadas para las acciones externas que se presentan sobre la cubierta.

Para este tipo de elementos se utilizan distintos tipos de perfiles normalizados, por lo general de alma llena como por ejemplo el perfil IPE utilizado en este caso.

- Cubierta

Son estructuras de cierre superior, que sirven como cerramientos exteriores cuya función fundamental es ofrecer protección al edificio contra los agentes climáticos y otros factores, para resguardo, darle intimidad, aislación acústica y térmica.

3.3.1.2 Acciones variables

Sobre carga de uso

Para la sobrecarga de uso se tiene en cuenta el peso de todos aquellos objetos que pueden situarse sobre la estructura por razón de su uso.

El valor de esta sobrecarga depende principalmente del uso al que se destine la construcción.

Por lo general, los efectos de la sobrecarga de uso pueden simularse por la aplicación de una carga distribuida uniformemente. De acuerdo con el uso que sea fundamental en cada zona del mismo, como valores característicos se adoptarán los de la Tabla 3.1. del CTE en su Documento básico, Acciones en la edificación.

Dichos valores incluyen tanto los efectos derivados del uso normal, personas, mobiliario, enseres, mercancías habituales, contenido de los conductos, maquinaria y en su caso vehículos, así como las derivadas de la utilización poco habitual, como acumulación de personas, o de mobiliario con ocasión de un traslado.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

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

Fig 2. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Viento

Para el cálculo de las cargas de viento según el CTE, Documento Básico, acciones de la edificación, la distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre una estructura y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de su superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento.

La acción del viento es según el apartado 3.3.2 en general una fuerza perpendicular a la superficie de a cada punto expuesto, o presión estática q_e , que puede expresarse como:

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

Nieve

La distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre una cubierta depende del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve del entorno, de la forma de la cubierta, de los efectos del viento y de los intercambios térmicos de los paramentos exteriores.

Según la normativa SE-AE se da como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, q_n puede tomarse:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

Siendo:

μ : Coeficiente de forma de la cubierta según tabla 3.5.3 del CTE.

s_k : El valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal según 3.5.2 y se puede tomar de la tabla 2.2 con los valores característicos de las capitales de provincia.

Acciones térmicas

Las acciones térmicas son las producidas por las deformaciones y cambios geométricos debidos a las variaciones de temperatura.

Según DB SE-A en su apartado 3.4.1.3 referentes a cargas térmicas nos dice que en edificios con elementos estructurales de hormigón o acero pueden no considerarse las acciones térmicas cuando se dispongan juntas de dilatación de forma que no existan elementos continuos de más de 40 m de longitud.

En este caso la estructura tiene una longitud de 50 m por lo que es preciso disponer de juntas de dilatación.

Sismo

Las acciones sísmicas son las producidas por las aceleraciones de las sacudidas sísmicas. Estas acciones están regladas en la Norma de Construcción Sismorresistente, NCSE-02.

Para determinar estas acciones, la Norma exige, en primer lugar, clasificar la construcción en base a los daños que puede ocasionar su destrucción independientemente del tipo de obra de que se trate.

Por lo tanto, debe ser incluida dentro de uno de las siguientes categorías:

- Importancia moderada: "Aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos significativos a terceros."
- Importancia normal: "Aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción puede ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos."

- Importancia especial: “Aquella cuya destrucción por el terremoto puede interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos.”

Como se puede apreciar en el Mapa de Peligrosidad Sísmica, se observa que el valor de la aceleración sísmica básica para el emplazamiento donde se sitúa nuestra parcela es 0,08 g, así mismo, se establece que la aplicación de esta norma no es obligatoria para este proyecto por tratarse de una construcción de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones, situada en una zona donde la aceleración sísmica básica, ab, no supera 0,08 g.

Acciones de incendio

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

3.3.2 ELECCIÓN DE CUBIERTA

3.3.2.1 Peso propio

La cubierta seleccionada es del catálogo de la empresa ITALPANNELLI, en la cual se encuentran recogidas una gran variedad de tipos de cerramientos y teniendo en cuenta el dimensionamiento, se selecciona la cubierta PENTA panel cubierta 5 greca.

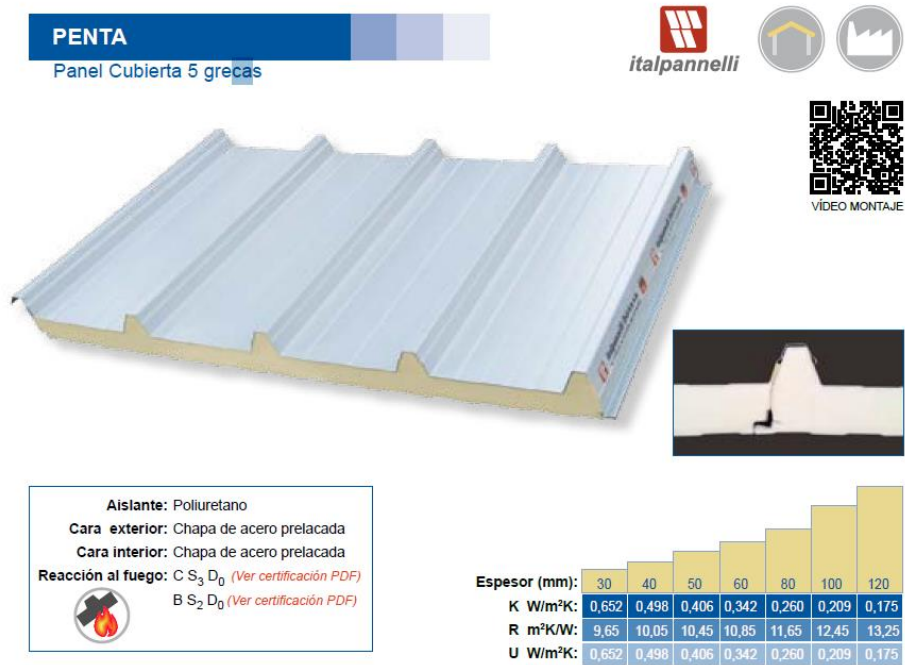


Fig 3. Panel cubierta PENTA

Se ha seleccionado una cubierta de espesor del panel 80 mm, siendo el peso propio asociado a cada panel 10 kg/m².

La nave industrial tiene una inclinación de 11,3°, por lo tanto, el peso de la cubierta se descompone ambos sentidos de ejes locales.

Perpendicular al faldón:

$$Q_{g\perp} = 0,1 \cdot \text{Cos } 11,3 = 0,098 \text{ kN/m}^2$$

Paralelo al faldón:

$$Q_{g\parallel} = 0,1 \cdot \text{Sen } 11,3 = 0,0196 \text{ kN/m}^2$$

3.3.2.2 SOBRE CARGA DE USO

En este caso el peso propio de la cubierta optada no excede 1kN/m^2 , por lo tanto se considera cubierta ligera, se adoptarán valor característico de la tabla 3.1 del CTE “Documento básico, Acción de edificación”

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

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

Fig 4. Valores característicos de las sobrecargas de uso

De esta tabla se obtiene el valor de esta sobrecarga. En primer lugar, la categoría de uso corresponde a la G, cubiertas accesibles únicamente para conservación, es decir la zona de cubierta está restringida tanto para vehículos como para el tránsito de personas

Según el subíndice (5) de la tabla, se entiende por cubierta ligera aquella cuya carga permanente debido a su cerramiento no excede de 1kN/m^2 .

Por lo tanto, la cubierta seleccionada tiene la categoría de cubierta ligera. Además, según el subíndice (7) de este mismo apartado para la categoría de uso G1 seleccionada la sobrecarga de uso no se considera concomitante con el resto de acciones variables.

Por todo esto se extrae que la sobrecarga de uso es de $0,4\text{ kN/m}^2$.

Dado que el faldón tiene inclinación es necesario multiplicar por el coseno de ese ángulo.

$$Q_u = 0,4 \frac{kN}{m^2} \cdot \cos 11,3 = 0,3922 \text{ kN/m}^2$$

Además, la cubierta al tener cierto ángulo de inclinación, el uso de la cubierta debe descomponerse en ambos sentidos de los ejes locales. Generando de tal forma dos tipos de fuerzas, perpendiculares y paralelas a la cubierta.

Perpendicular al faldón:

$$Q_{u\perp} = 0,3922 \frac{kN}{m^2} \cdot \cos 11,3 = 0,3846 \text{ kN/m}^2$$

Paralelo al faldón:

$$Q_{u\parallel} = 0,3922 \frac{kN}{m^2} \cdot \sin 11,3 = 0,0768 \text{ kN/m}^2$$

3.3.2.3 Nieve

Según la normativa SE-AE se da como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, q_n puede tomarse:

$$q_n = \mu \cdot S_k$$

Siendo:

μ = Coeficiente de forma de la cubierta según tabla 3.5.3 del CTE.

S_k = El valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal según 3.5.2 y se puede tomar de la tabla 2.2 con los valores característicos de las capitales de provincia.

En nuestro caso, μ se toma valor igual a 1 siendo la cubierta con inclinación menos que 30° y S_k situaremos la nave en la comunidad de Murcia, con lo que en la tabla la sobrecarga de nieve es de 0,2 KN/m².

Tabla 3.8 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas- tián/Donostia	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	1.000	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	1,2	Segovia	10	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	150	0,5	Sevilla	1.090	0,2
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	380	0,6	Soria	0	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,7	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,4	Madrid	660	0,6	Tenerife	0	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Teruel	950	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	550	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense / Ourense	130	0,4	Valencia/València	0	0,2
Córdoba	100	0,6	Oviedo	230	0,5	Valladolid	690	0,4
Coruña / A Coruña	0	0,2	Palencia	740	0,5	Vitoria / Gasteiz	520	0,7
Cuenca	0	0,3	Palma de Mallorca	0	0,4	Zamora	650	0,4
Gerona / Girona	1.010	1,0	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	210	0,5
Granada	70	0,4	Pamplona/Iruña	450	0,2	Ceuta y Melilla	0	0,2
	690	0,5			0,7			

Fig 5. Sobrecarga de nieve en capitales de provincia

Este valor se trata de la componente horizontal, de modo que hay que llevar esta carga a la superficie de la cubierta:

$$Q_n = 0,2 \frac{kN}{m^2} \cdot \cos 11,3 = 0,1961 \text{ kN/m}^2$$

Ahora se descompone la carga en una perpendicular a la superficie de la cubierta y en otra paralela a dicha superficie.

Perpendicular al faldón:

$$Q_{n\perp} = 0,1961 \frac{kN}{m^2} \cdot \cos 11,3 = 0,1923 \text{ kN/m}^2$$

Paralelo al faldón:

$$Q_{n\parallel} = 0,1961 \frac{kN}{m^2} \cdot \sin 11,3 = 0,0377 \text{ kN/m}^2$$

3.3.2.4 Viento

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

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

A continuación, se definen los tres parámetros que intervienen en el cálculo del viento.

Presión dinámica del viento q_b

Este valor depende de la ubicación del proyecto, como forma simplificada se puede adoptar 0.5KN/m² para cualquier punto del territorio español. Se obtienen valores más precisos del anejo D de ese mismo documento.

Según este anejo, el valor básico de la presión dinámica del viento puede obtenerse con la expresión:

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

Siendo:

δ : la densidad del aire.

v_b : el valor básico de la velocidad del viento.

Este último valor depende de la zona geográfica estudiada que puede obtenerse del mapa de la figura D.1. El de la presión dinámica es, respectivamente de 0,42 kN/m², 0,45 kN/m² y 0,52 kN/m² para las zonas A, B y C de dicho mapa.

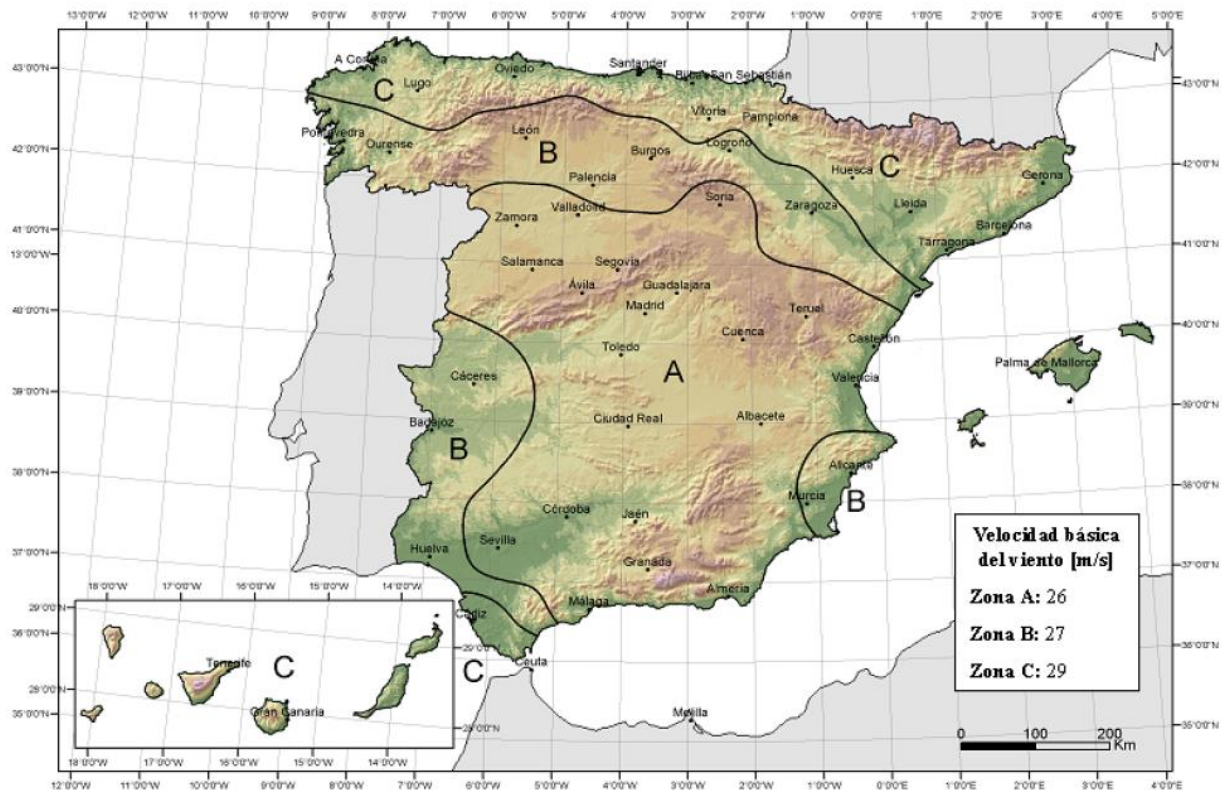


Fig 6. Valor básico de la velocidad del viento, v_b

El presente proyecto está situado en Torre Pacheco en el municipio de Murcia correspondiente a la zona B, por lo que se establece un valor de presión dinámica de **0,45 kN/m²**, también la presión dinámica del viento. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse **0,5 kN/m²**.

Coefficiente de exposición C_e

Este coeficiente tiene en cuenta los efectos de las turbulencias originadas por el relieve y la topografía del terreno. Su valor se extrae de la tabla 3.4 del SE-AE siendo la altura al punto considerado la medida respecto a la rasante 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

Fig 7. Valores del coeficiente de exposición

Como grado de aspereza del entorno se ha tomado el IV “zona urbana en general, industrial o forestal”, el punto considerado es 9 metros que es la altura máxima de la nave, por lo tanto, el valor C_{eext} se toma 1,7.

Al tener una puerta, la estructura tiene viento interior por lo que se considera el coeficiente de exposición tal como aparece en el “Documento Básico de Seguridad Estructural Acciones en la Edificación” como el correspondiente a la altura del punto medio del hueco que es de 2,5 metros, se obtiene C_{eint} 1,3

Coeficiente de eólico

El coeficiente de eólico o de presión dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de la superficie de la cubierta, un valor negativo de este término indica succión del viento. El valor se establece en los apartados 3.3.4 y 3.3.5 del “Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación”:

“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.”

De manera que se tomará para calcular el valor del coeficiente de presión exterior el correspondiente en el Anejo D.3 en el que habrá que señalar el quinto punto que dice:

“En caso de construcciones con forma diferente de las de aquí establecidas, deberá procederse por analogía, considerando si es preciso que el volumen está formado por la construcción considerada y las medianeras.”

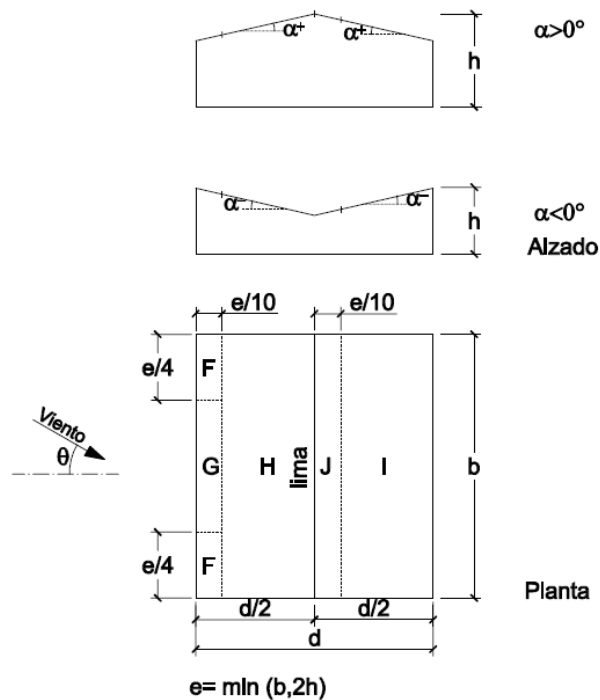
Teniendo en cuenta lo citado en el apartado anterior, se elige la opción cubiertas a dos aguas, es decir, se deberá acudir en el mismo código a la página 30 “Tabla D.6 – Cubierta a dos aguas” y se hará un cálculo aproximado de las distintas situaciones de viento.

Se analizan 3 situaciones de viento:

1. El viento transversal.
2. El viento longitudinal soplando desde el lado opuesto a la puerta.
3. El viento longitudinal soplando desde el lado de la puerta.

Viento transversal

Dirección del viento $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$



Siendo:

$$e = \min(50, 18) = 9$$

$$d = 20$$

$$b = 50$$

$$h = 9$$

Pendiente de la cubierta α	A (m ²)	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
-45°	≥ 10	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1
	≤ 1	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5
-30°	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	≤ 1	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
-15°	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	≤ 1	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
-5°	≥ 10	-2,3	-1,2	-0,8	0,2	0,2
	≤ 1	-2,5	-2	-1,2	-0,6	-0,6
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
15°	≥ 10	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
30°	≥ 10	-2	-1,5	-0,3	-0,4	-1,5
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
45°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
60°	≥ 10	-1,5	-1,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
75°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
90°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
105°	≥ 10	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,7	-0,2	-0,3
120°	≥ 10	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,8	0,8	0,8	-0,2	-0,3

En la tabla superior, A (m²) hace referencia al área de influencia del elemento considerado. Este valor será mayor que 10 m² para la cubierta teniendo en cuenta las dimensiones de la misma. La nave industrial tiene 11,3° de pendiente por lo que se tiene que interpolar los valores de 5° - 15°.

Los valores obtenidos para una pendiente de 11,3° y un área de influencia mayor que 10 m² son los siguientes:

Zona	F	G	H	I	J
------	---	---	---	---	---

Presión	0,124	0,124	0,124	-0,228	0,076
Succión	-1,24	0,952	-0,476	-0,476	-0,848

A continuación, se realizan los cálculos para cada zona resistente tanto a presión como a succión.

Presión

Zona F,G,H

$$Qvext_{F,G,H} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,7 \cdot 0,124 = 0,1054 \text{ KN/m}^2$$

Zona I

$$Qvext_I = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,7 \cdot (-0,228) = -0,1938 \text{ KN/m}^2$$

Zona J

$$Qvext_J = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,7 \cdot (-0,07) = 0,0595 \text{ KN/m}^2$$

Succión

Zona F

$$Qvext_F = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,7 \cdot (-0,1204) = -0,10234 \text{ KN/m}^2$$

Zona G

$$Qvext_G = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,7 \cdot (-0,952) = -0,8092 \text{ KN/m}^2$$

Zona H

$$Qvext_H = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,7 \cdot (-0,414) = -0,3519 \text{ KN/m}^2$$

Zona I

$$Qvext_I = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,7 \cdot (-0,476) = -0,4046 \text{ KN/m}^2$$

Zona J

$$Qvext_J = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,7 \cdot (-0,848) = -0,7208 \text{ KN/m}^2$$

Por otro lado, hay que tener en cuenta las fuerzas de viento interiores que se generan debido a la presencia de huecos en la nave. Para el cálculo del coeficiente eólico interior es de aplicación el apartado 3.3.5 *Coficiente eólico de naves y construcciones diáfanas* del SE-AE.

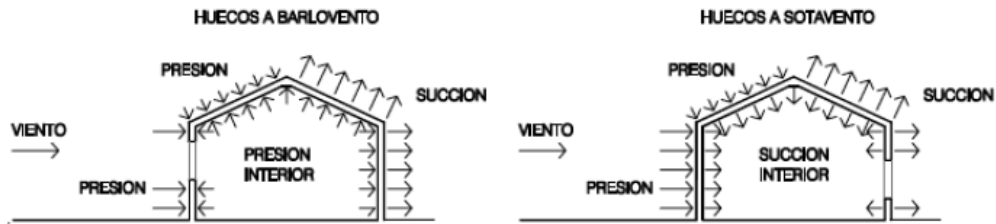


Fig. 3.1 Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana

Fig 8. Presiones ejercidas por el viento en una construcción diáfana

Para obtener el valor del c_{pi} se calcula la esbeltez en el plano paralelo al viento:

$$h/d = 9/20 = 0,45 < 1$$

Se calcula el área de huecos en zonas de succión respecto al área total de huecos del edificio. Dado que en este caso el hueco se encuentra a sotavento se produce succión interior.

$$A_{succ} / A_{tot} = 1$$

Obteniendo de la tabla 3.6 del Documento Básico de Acciones en la Edificación.

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 9. Coeficientes de presión interior

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

Por lo que:

$$Q_{v,int} = q_b \cdot C_{e,int} \cdot C_{p,int} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,3 \cdot (-0,5) = -0,325 \text{ kN/m}^2$$

A continuación, se realizan los cálculos de la acción total del viento tanto exterior como interior.

Presión

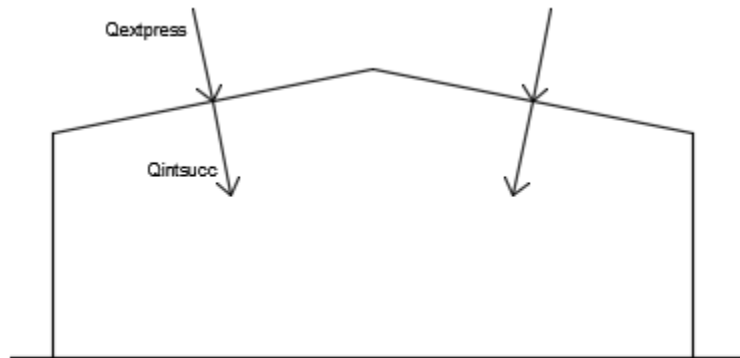


Fig 10. Combiancion viento exterior y interior

Zona F,G,H

$$Q_{v,F} = Q_{vext_{F,G,H}} - Q_{vint} = 0,1054 - (-0,325) = 0,4304 \text{ kN/m}^2$$

Zona I

$$Q_{v,I} = Q_{vext_I} - Q_{vint} = -0,1938 - (-0,325) = 0,1312 \text{ kN/m}^2$$

Zona J

$$Q_{v,j} = Q_{vext_j} - Q_{vint} = 0,0595 - (-0,325) = 0,3845 \text{ kN/m}^2$$

Succión

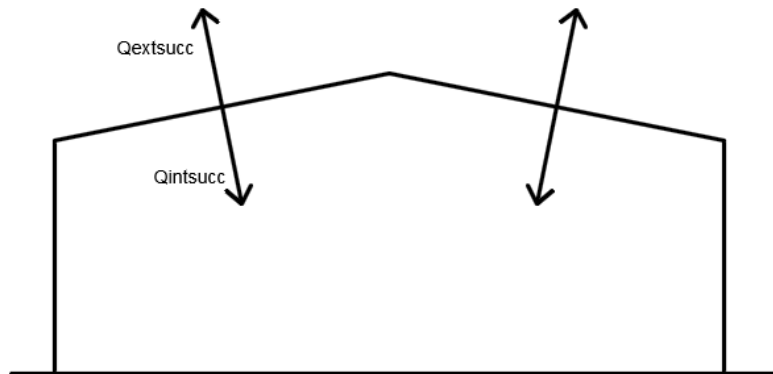


Fig 11. Combiancion viento exterior y interior

Zona F

$$Q_{v,F} = Q_{vext_F} - Q_{vint} = -1,0234 - (-0,325) = -0,6984 \text{ kN/m}^2$$

Zona G

$$Q_{v,G} = Q_{vext_G} - Q_{vint} = -0,8092 - (-0,325) = -0,4842 \text{ kN/m}^2$$

Zona H

$$Q_{v,H} = Q_{vext_H} - Q_{vint} = -0,3519 - (-0,325) = -0,0269 \text{ kN/m}^2$$

Zona I

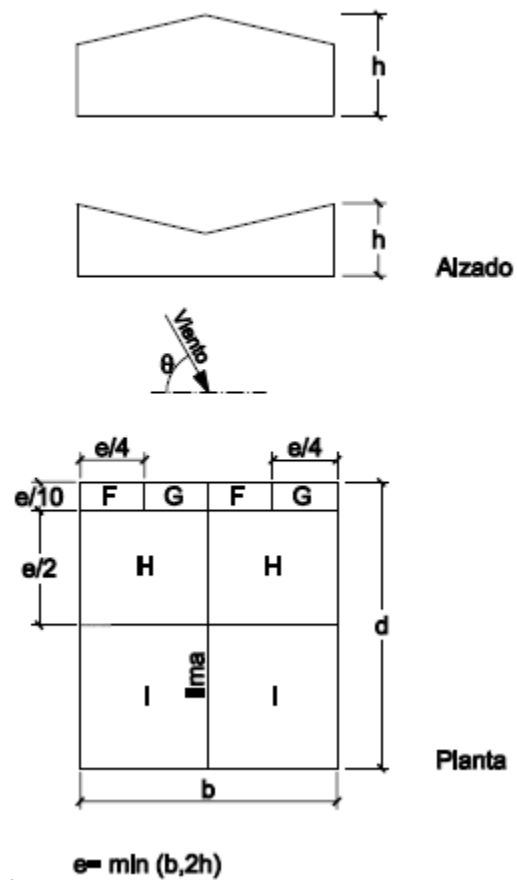
$$Q_{v,I} = Q_{vext_I} - Q_{vint} = -0,4046 - (-0,325) = -0,796 \text{ kN/m}^2$$

Zona J

$$Q_{v,J} = Q_{vext_H} - Q_{vint} = -0,7208 - (-0,325) = -0,3958 \text{ kN/m}^2$$

Viento longitudinal

Dirección del viento $45^\circ \leq \theta \leq 135^\circ$



Siendo:

$$e = \min(20, 18) = 18$$

$$d = 20$$

$$b = 50$$

$$h = 9$$

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

Nota:

- No se deben mezclar valores positivos y negativos en una sola cara.

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 $> 10\text{m}^2$. La nave industrial tiene $11,3^\circ$ de pendiente por lo que se tiene que interpolar los valores de $5^\circ - 15^\circ$.

Zona	F	G	H	I
Succión	-1,414	-1,3	-0,638	-0,538

Como puede observarse, todos los coeficientes son negativos lo que significa, quiere decir que con este tipo de viento solamente hay succión en la cubierta.

Succión

Zona F

$$Q_{vext_F} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,7 \cdot (-1,414) = -1,202 \text{ KN/m}^2$$

Zona G

$$Q_{vext_G} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,7 \cdot (-1,3) = -0,809 \text{ KN/m}^2$$

Zona H

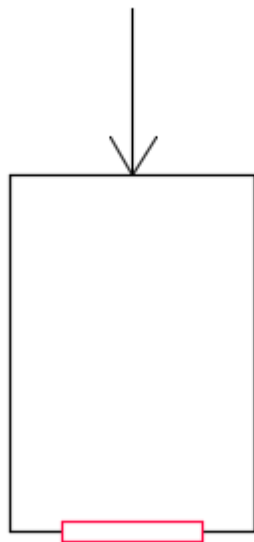
$$Q_{vext_H} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,7 \cdot (-0,638) = -0,543 \text{ KN/m}^2$$

Zona I

$$Q_{vext_I} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,7 \cdot (-0,538) = -0,457 \text{ KN/m}^2$$

Para obtener C_{pi} en viento longitudinal se diferenciará dos casos:

1. El viento longitudinal soplando desde el lado opuesto a la puerta



$$h = 9$$

$$\frac{h}{b} = \frac{9}{50} = 0,18$$

$$\frac{A_{suc}}{A_{total}} = 1$$

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

Por lo que:

$$Q_{v,int} = q_b \cdot C_{e,int} \cdot C_{p,int} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,3 \cdot (-0,5) = -0,325 \text{ kN/m}^2$$

A continuación se realizan los cálculos de la acción total del viento tanto exterior como interior.

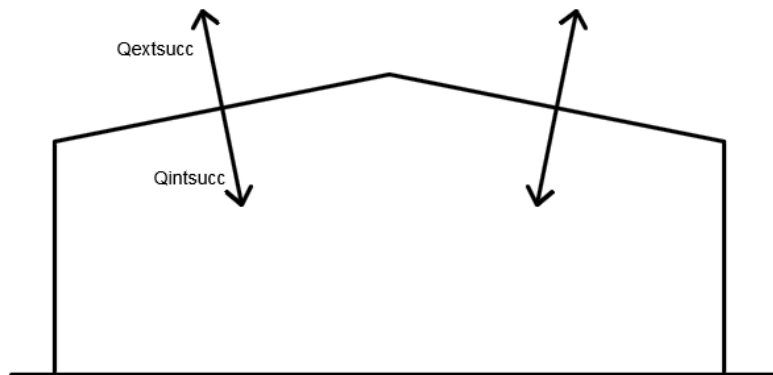


Fig 12. Combiancion viento exterior y interior

Zona F

$$Q_{v,F} = Q_{vext_F} - Q_{vint} = -1,202 - (-0,325) = -0,877 \text{ kN/m}^2$$

Zona G

$$Q_{v,G} = Q_{vext_G} - Q_{vint} = -1,105 - (-0,325) = -0,78 \text{ kN/m}^2$$

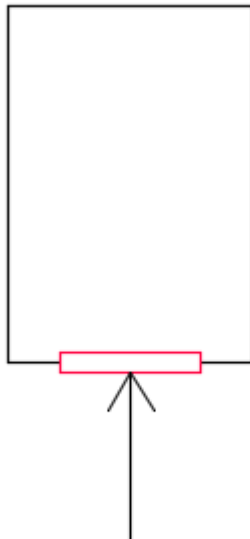
Zona H

$$Q_{v,H} = Q_{vext_H} - Q_{vint} = -0,542 - (-0,325) = -0,217 \text{ kN/m}^2$$

Zona I

$$Q_{v,I} = Q_{vext_I} - Q_{vint} = -0,457 - (-0,325) = -1,32 \text{ kN/m}^2$$

2. El viento longitudinal soplando desde el lado de la puerta



$$h = 9$$

$$\frac{h}{b} = \frac{9}{50} = 0,18$$

$$\frac{A_{suc}}{A_{total}} = 0$$

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

Por lo que:

$$Q_{v,int} = q_b \cdot C_{e,int} \cdot C_{p,int} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,3 \cdot (0,7) = 0,455 \text{ kN/m}^2$$

A continuación, se realizan los cálculos de la acción total del viento tanto exterior como interior.

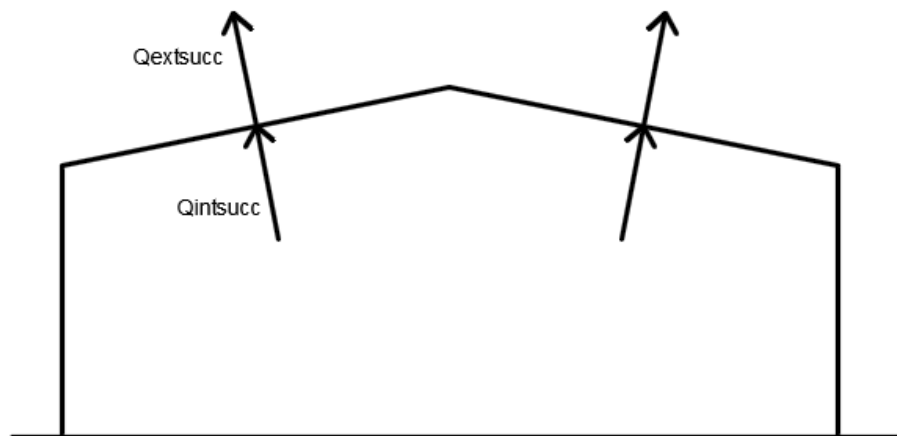


Fig 13. Combiancion viento exterior y interior

Zona F

$$Q_{v,F} = Q_{vext_F} - Q_{vint} = -1,202 - (0,455) = -1,657 \text{ kN/m}^2$$

Zona G

$$Q_{v,G} = Q_{vext_G} - Q_{vint} = -1,105 - (0,455) = -1,56 \text{ kN/m}^2$$

Zona H

$$Q_{v,H} = Q_{vext_H} - Q_{vint} = -0,542 - (0,455) = -0,997 \text{ kN/m}^2$$

Zona I

$$Q_{v,I} = Q_{vext_I} - Q_{vint} = -0,457 - (0,455) = -0,912 \text{ kN/m}^2$$

3.3.2.5 Resumen de las acciones EN CUBIERTA

Acciones permanentes

- **Peso propio**

$$Q_{g\perp} = 0,1 \cdot \text{Cos } 11,3 = 0,098 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{g\parallel} = 0,1 \cdot \text{Sen } 11,3 = 0,0196 \text{ kN/m}^2$$

Acciones variables

- **Sobrecarga de uso**

$$Q_{g\perp} = 0,3922 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot \text{Cos } 11,3 = 0,3846 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{g\parallel} = 0,3922 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot \text{Sen } 11,3 = 0,0768 \text{ kN/m}^2$$

- **Nieve**

$$Q_{n\perp} = 0,1961 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot \text{Cos } 11,3 = 0,1923 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{n\parallel} = 0,1961 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot \text{Sen } 11,3 = 0,0377 \text{ kN/m}^2$$

- **Viento**

$$Q_{vp} = Q_{vext_{F,G,H}} - Q_{vint} = 0,1054 - (-0,325) = 0,4304 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_{vs} = Q_{vext_F} - Q_{vint} = -1,202 - (0,455) = -1,657 \text{ kN/m}^2$$

3.3.2.6 Combinaciones de acciones

Tras el cálculo de cada valor, peso propio, sobrecarga de uso, nieve y viento, bien a succión y a presión. Se deben generar ciertas combinaciones, pues estas corresponden a situaciones a las que tiene que encarar la cubierta de la nave.

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

γ : Es el coeficiente parcial de seguridad para las acciones. Según la tabla 4.1 (SE-11) se toman los valores para comprobaciones de resistencia teniendo en cuenta si su efecto es desfavorable o favorable considerada globalmente.

ψ : Es el coeficiente de simultaneidad. Estos valores se establecen en la tabla 4.2 (SE-11).

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
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	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

Fig 13. Coeficientes parciales de seguridad

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.

Fig. 14 Coeficientes de simultaneidad

Las nueve combinaciones posibles que se pueden aplicar en la construcción son las siguientes, donde se puede observar como los valores de peso propio, sobrecarga de uso, nieve y viento, bien a presión como a succión, se suman entre ellas, generando así todas las situaciones reales admisibles.

- 1) $\gamma G \cdot Q_{pp}$
- 2) $\gamma G \cdot Q_{PP} + \gamma_{SU} \cdot Q_{SU}$
- 3) $\gamma G \cdot Q_{PP} + \gamma_N \cdot Q_N$
- 4) $\gamma G \cdot Q_{PP} + \gamma_V \cdot Q_{Vp}$
- 5) $\gamma G \cdot Q_{PP} + \gamma_V \cdot Q_{Vs}$
- 6) $\gamma G \cdot Q_{PP} + \gamma_N \cdot Q_N + \psi_0 \cdot \gamma_V \cdot Q_{Vp}$
- 7) $\gamma G \cdot Q_{PP} + \gamma_N \cdot Q_N + \psi_0 \cdot \gamma_V \cdot Q_{Vs}$
- 8) $\gamma G \cdot Q_{PP} + \gamma_V \cdot Q_{Vp} + \psi_0 \cdot \gamma_N \cdot Q_N$
- 9) $\gamma G \cdot Q_{PP} + \gamma_V \cdot Q_{Vs} + \psi_0 \cdot \gamma_N \cdot Q_N$

La combinación más desfavorable es la 5) con una carga de **-2,56215 KN/m²**

$$\frac{2,2562 \text{ KN}}{1 \text{ m}^2} \cdot \frac{10^3 \text{ N}}{1 \text{ KN}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{9,81 \text{ N}} = 261,25 \text{ Kg/m}^2$$

3.3.2.7 Verificación de la cubierta

En la siguiente tabla se puede verificar la capacidad de carga de la cubierta en función de la distancia entre correas. La distancia máxima entre la correa no debe ser mayor que de 1,75m.

Espesor del panel (mm)	Espesor Nominal		Peso panel (kg/ m ²)	Distancia eficaz apoyo: 100 mm															
	Soporte exterior acero (mm)	Soporte interior acero (mm)		150	175	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	
30	0,40	0,40	7,8	250	195	155	130	105	85	65	55								
	0,50	0,40	8,8	260	220	195	170	140	110	85	70	55							
	0,50	0,50	9,6	260	220	195	170	145	115	90	70	60							
40	0,40	0,40	8,2	290	230	190	160	135	90	70	60	50							
	0,50	0,40	9,2	330	280	245	210	175	140	115	90	75	60	50					
	0,50	0,50	10,0	330	280	245	215	180	145	120	95	80	65	55					
50	0,40	0,40	8,6	335	270	225	190	160	140	115	95	75	65	55					
	0,50	0,40	9,6	400	340	290	245	210	175	140	115	95	80	65					
	0,50	0,50	10,4	400	340	295	250	215	180	145	120	100	85	70	50				
60	0,40	0,40	9,0	380	310	260	220	190	165	145	120	100	80	70	50				
	0,50	0,40	10,0	470	400	335	285	245	210	170	145	120	100	85	60				
	0,50	0,50	10,8	470	400	335	290	250	215	180	150	125	105	90	65	50			
80	0,40	0,40	9,8	470	395	335	290	250	220	195	175	145	120	105	80	55			
	0,50	0,40	10,8	580	485	420	365	320	280	235	200	170	145	125	95	70	50		
	0,50	0,50	11,6	585	490	425	370	325	285	245	210	180	155	130	100	75	55		
100	0,50	0,50	12,4	685	585	510	450	400	355	315	270	235	205	175	135	105	80	65	
120	0,50	0,50	13,2	735	625	545	485	435	395	360	330	290	255	225	175	140	110	90	

Valores en rojo:
Valor máximo de trabajo (flecha = 1/200 de la luz)
Valores en negro: Valor límite último
Cálculos de acuerdo con la Norma UNI EN 14509-E

Valeurs en rouge:
Travail maximale (flèche = 1/200 de la lumière)
Valeurs en noir: Valeur limite
Calculs selon la Norme UNI EN 14509-E

Values in red:
Maximum working value (arrow = 1/200 of light)
Black values: Ultimate limit value
Calculations in accordance with UNI EN 14509-E

Fig 15. Esquema entre apoyos

3.3.6 PARAMENTOS VERTICALES

La fachada o cerramiento vertical se trata de un elemento envolvente y sirve de protección ante los fenómenos climáticos (lluvia, nieve, calor, frío, vientos) y otros agentes para los cuales se emplean diferentes aislaciones o soluciones constructivas.

Para el recubrimiento de esta nave se selecciona un panel BOX del fabricante italpanelli que tiene las siguientes características.

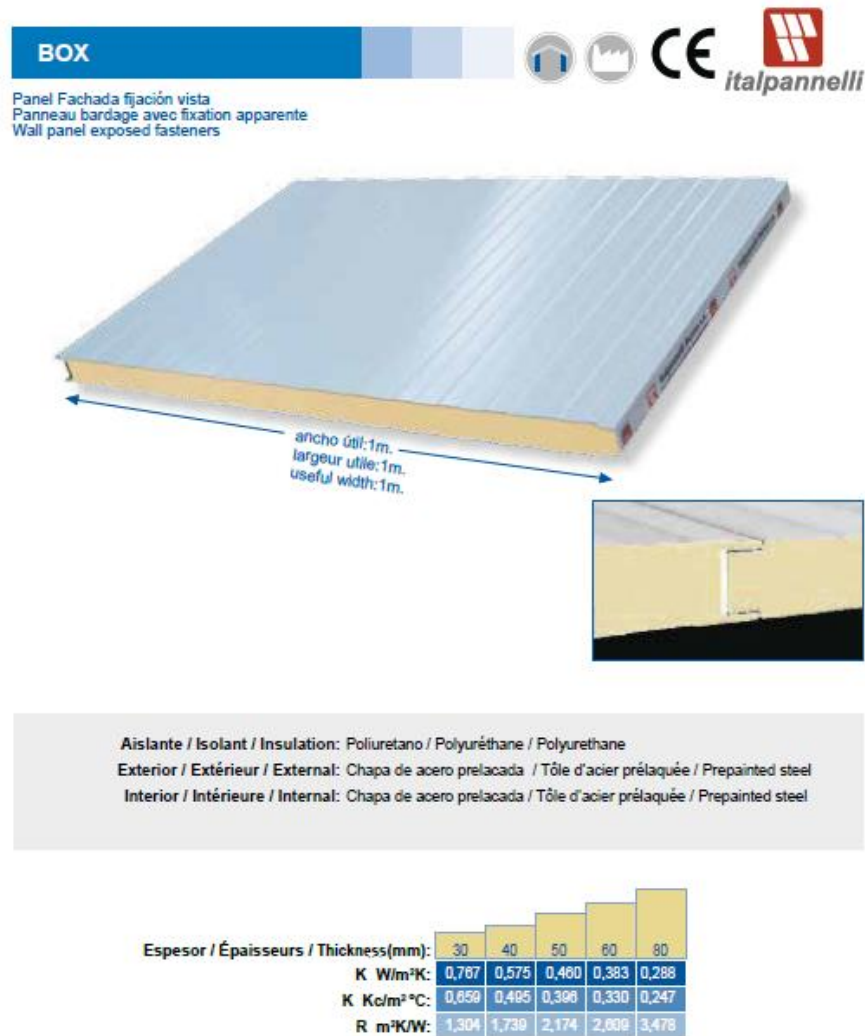


Fig. 16 Panel fachada BOX

Los paneles van montados sobre correas de tipo IPE xxx encargadas de soportar los esfuerzos del viento y del peso propio de los propios paneles. Mientras que la sobrecarga de uso y la acción de la nieve son despreciables puesto que se están dimensionando los paramentos verticales.

Las cargas a las que están sometidas, son el peso propio del cerramiento y de las propias correas en sentido gravitacional.

3.3.6.1 Viento

Esta estructura es considerada como una nave a dos aguas y se rige por las tablas del anejo D.

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

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

Siendo:

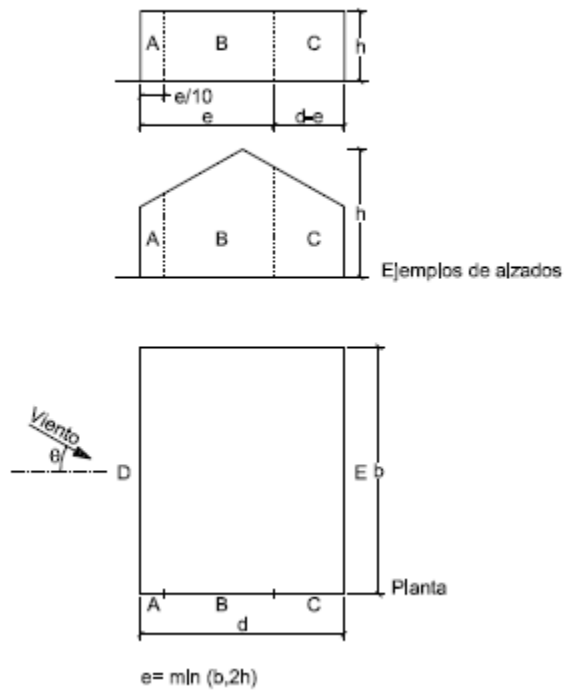
- q_b : La presión dinámica del viento en cualquier punto de España se puede tomar un valor de 0,5 kN/m².
- c_e : el coeficiente de exposición, obtenido también en el apartado anterior y correspondiente al punto más alto del edificio (criterio conservador), $c_{e_{ext}} = 1,5$ y $c_{e_{int}} = 1,3$
- c_p : coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión. Para el cálculo de este último término, se hace referencia en el apartado D.3. del Documento Básico de Seguridad Estructural SAE – AE Edificación estructural.

Se analizan 3 situaciones de viento:

1. El viento transversal
2. El viento longitudinal soplando desde el lado opuesto a la puerta
3. El viento longitudinal soplando desde el lado de la puerta

1. Viento transversal

Tabla D.3 Paramentos verticales



Siendo:

$$e = \min(50, 18) = 9$$

$$d = 20$$

$$b = 50$$

$$h = 9$$

Las zonas de los paramentos se muestran en la siguiente tabla:

A (m ²)	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		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

Para el paramento vertical el área de influencia considerado es de 7m² luego hay que recurrir a la interpolación lineal.

Esbeltez de la estructura:

$$h/d = 9/20 = 0,45$$

A (m ²)	h/d	A	B	C	D	E
≥ 10	0,45	-1,2	-0,8	-0,5	0,726	-0,353
≤ 1	0,45	-1,4	-1,1	-0,5	1	-0,353

Citando el CTE DB SE-AE-24: "Para elementos con área de influencia A, entre 1 m² y 10 m², el coeficiente de presión exterior se puede obtener mediante la siguiente expresión:"

$$C_{pe,A} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) \cdot \log_{10} A$$

Por lo tanto, la tabla con los valores de los coeficientes queda de la siguiente manera:

A (m ²)	h/d	A	B	C	D	E
7	0,45	-1,231	-0,846	-0,5	0,768	-0,353

Calculando viento exterior e interior

$$Q_{vext_A} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot (-1,231) = -0,92 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{vext_B} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot (-0,846) = -0,634 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{vext_C} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot (-0,5) = -0,375 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{vext_D} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot (0,768) = 0,576 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{vext_E} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot (-0,353) = -0,251 \text{ KN/m}^2$$

Los valores de viento interior será la misma utilizado para el cálculo del cerramiento de la cubierta:

$$Q_{v,int} = q_b \cdot C_{e,int} \cdot C_{p,int} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,3 \cdot (-0,5) = -0,325 \text{ kN/m}^2$$

Combinando viento exterior y el interior queda:

$$Q_{v,A} = -0,92 - (-0,325) = -0,595 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{v,B} = -0,634 - (-0,325) = -0,309 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{v,C} = -0,375 - (-0,325) = 0,05 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{v,D} = 0,576 - (-0,325) = 0,901 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{v,E} = -0,251 - (-0,325) = 0,074 \text{ KN/m}^2$$

2. Viento longitudinal soplando por el lado opuesto de la puerta

Siendo:

$$e = \min(50, 18) = 9$$

$$d = 50$$

$$b = 20$$

$$h = 9$$

Esbeltez de la estructura:

$$h/d = 9/50 = 0,18$$

Por lo tanto, la tabla con los valores de los coeficientes queda de la siguiente manera:

A (m ²)	h/d	A	B	C	D	E
7	0,18	-1,231	-0,846	-0,5	0,7464	-0,3

Calculando viento exterior e interior:

$$Q_{vext_A} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot (-1,231) = -0,92 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{vext_B} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot (-0,846) = -0,634 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{vext_C} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot (-0,5) = -0,375 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{vext_D} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot (0,7464) = 0,5598 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{vext_E} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot (-0,3) = -0,225 \text{ KN/m}^2$$

Los valores de viento interior será la misma utilizado para el cálculo del cerramiento de la cubierta:

$$Q_{v,int} = q_b \cdot C_{e,int} \cdot C_{p,int} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,3 \cdot (-0,5) = -0,325 \text{ kN/m}^2$$

Combinando viento exterior y el interior queda:

$$Q_{v,A} = -0,92 - (-0,325) = -0,595 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{v,B} = -0,634 - (-0,325) = -0,309 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{v,C} = -0,375 - (-0,325) = -0,05 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{v,D} = 0,5598 - (-0,325) = 0,885 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{v,E} = -0,225 - (-0,325) = 0,072 \text{ KN/m}^2$$

3. Viento longitudinal soplando por el lado de la puerta

Siendo:

$$e = \min(50, 18) = 9$$

$$d = 50$$

$$b = 20$$

$$h = 9$$

Esbeltez de la estructura:

$$h/d = 9/50 = 0,18$$

Por lo tanto, la tabla con los valores de los coeficientes queda de la siguiente manera:

A (m ²)	h/d	A	B	C	D	E
7	0,18	-1,231	-0,846	-0,5	0,7464	-0,3

Calculando viento exterior e interior:

$$Q_{vext_A} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot (-1,231) = -0,92 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{vext_B} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot (-0,846) = -0,634 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{vext_C} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot (-0,5) = -0,375 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{vext_D} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot (-0,7464) = -0,5598 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{vext_E} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot (-0,3) = -0,225 \text{ KN/m}^2$$

Los valores de viento interior será la misma utilizado para el cálculo del cerramiento de la cubierta:

$$Q_{v,int} = q_b \cdot C_{e,int} \cdot C_{p,int} = 0,5 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,3 \cdot (0,7) = 0,455 \text{ kN/m}^2$$

Combinando viento exterior y el interior queda:

$$Q_{v,A} = -0,92 - (0,455) = -1,375 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{v,B} = -0,634 - (0,455) = -1,089 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{v,C} = -0,375 - (0,455) = -0,830 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{v,D} = -0,5598 - (0,455) = -1,015 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_{v,E} = -0,225 - (0,455) = -0,680 \text{ KN/m}^2$$

Finalmente se escogerá la más desfavorable, que es la zona D viento trasversal con un valor de 0,901 kN/m² a presión y la zona A viento longitudinal con un valor de -1,375 kN/m² a succión.

3.3.6.3 COMBINACIÓN DE ACCIONES DE LA FACHADA

La combinación utilizada para el cerramiento lateral es la siguiente:

$$1) 1,5 V = 1,5 \cdot 1,375 = 2,0625 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{2,0625 \text{ kN}}{1 \text{ m}^2} \cdot \frac{10 \text{ N}}{1 \text{ KN}} \cdot \frac{1 \text{ kg}}{9,81 \text{ N}} = 210,375 \text{ Kg/m}^2$$

3.3.6.2 Verificación de la fachada

El panel escogido es de 9 kg/m², 80 mm de espesor, por lo tanto, la distancia entre correas debe ser menor de 2,00 m.

30	0,40	0,40	7,0	195	140	110	85	70	55									
	0,50	0,50	8,7	210	180	155	125	100	80	65	55							
40	0,40	0,40	7,4	260	190	145	15	90	75	65	55							
	0,50	0,50	9,1	270	235	205	170	140	115	95	80	70	60	50				
50	0,40	0,40	7,8	320	235	180	140	115	95	80	65	55	50	50				
	0,50	0,50	9,5	330	280	245	210	170	140	120	100	85	75	65	55	50		
60	0,40	0,40	8,2	375	275	210	165	135	110	90	80	65	60	50	55	60		
	0,50	0,50	9,9	375	320	280	250	200	165	140	120	100	90	75	70	60	55	50
80	0,40	0,40	9,0	455	355	270	210	170	140	120	100	85	75	65	60	50	55	60
	0,50	0,50	10,7	455	390	340	300	260	215	180	150	130	115	100	90	80	70	60
100	0,50	0,50	11,5	530	455	395	350	310	255	215	180	155	135	120	105	95	85	75
120	0,50	0,50	12,3	590	505	440	395	350	290	240	205	175	155	135	120	105	95	85

Fig 17. Esquema entre apoyos

El panel escogido tiene una capacidad de soportar hasta 270 kg/m² con una distancia entre correas de 2 m, calculando distancia entre correa:

$$\frac{7m}{2m} = 3.5 \approx 4 \text{ huecos} \rightarrow 5 \text{ correas}$$

$$\frac{7m}{4\text{huecos}} = 1,75m \text{ cada correas}$$

3.3.7 ENTREPLANTA

La entreplanta se ubicará sobre el ultimo vanos de la nave ocupando una superficie de 100 m², estará situado a una altura de 4 metros quedando una altura minima hasta alero de 3 metros, se sustentará sobre vigas unidas a los pilares de los pórticos, a los pilarillos y a unos intermedios dispuestos para esta función cada 5 metros.

Se ha optado por emplear la placa alveolar que se trata de un elemento superficial plano de hormigón pretensado, prefabricado en instalación fija exterior a la obra, aligerado mediante alveolos longitudinales y diseñado para soportar cargas producidas en forjados. Sus juntas laterales están especialmente diseñadas para que, una vez rellenas de hormigón, puedan transmitir esfuerzos cortantes a losas adyacentes.

3.3.7.1 Calculo placa alveolar

Para realizar los cálculos correspondientes al forjado se emplean los datos proporcionados por el fabricante.

Las cargas que se deben tener en cuenta a la hora de seleccionar la placa son los siguientes:

Peso propio:

TIPOS Y PESOS DE LOS FORJADOS

Tipo de Forjado	15+5	15+8	15+10
Peso (kN/m ²)	3,67	4,42	4,91

Figura 18. Peso de la placa alveolar.

$$Q_{qq} = 3,67 \text{ kN/m}^2$$

Peso tabiquería:

$$Q_t = 1 \text{ kN/m}^2$$

Sobrecarga de uso:

Según el CTE SE-AE en la tabla 3.1:

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

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

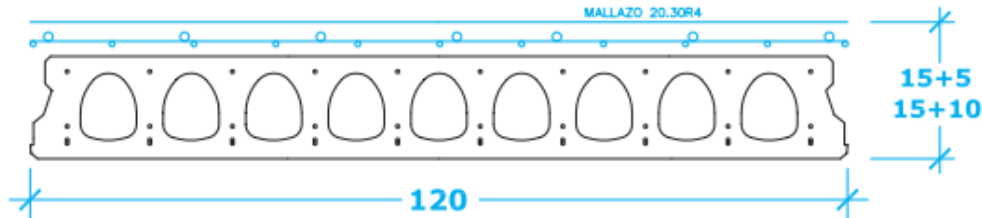
Figura 19. Valores característicos de la sobrecarga de uso.

$$Q_u = 2 \text{ kN/m}^2$$

Solo afecta peso propio y sobrecarga de uso por lo tanto su combinación es:

$$1) 1,35 Q_{qtol} + 1,5 Q_u = 1,35 \cdot (3,67 + 1) + 1,5 \cdot 2 = 9,3 \text{ kN/m}^2$$

Con este dato comprobamos que para una luz de 5 metros se necesita una placa alveolar de 15·120 del tipo 2 con una capa de compresión de 5 centímetros.



PLACA ALVEOLAR 15+5						
SOBRECARGA (kn/m ²)	T1	T2	T3	T4	T5	T6
2,00	8,35	9,35	9,75	10,15	10,55	11,10
4,00	7,20	8,05	8,40	8,75	9,05	9,55
5,00	6,80	7,55	7,90	8,25	8,55	9,00
6,00	6,40	7,15	7,50	7,80	8,10	8,50
8,00	5,85	6,50	6,80	7,10	7,35	7,75
10,00	5,40	6,05	6,30	6,55	6,80	7,15
15,00	4,60	5,15	5,40	5,60	5,80	6,15
20,00	4,10	4,60	4,80	5,00	5,15	5,45
25,00	3,75	4,15	4,35	4,55	4,70	4,95
30,00	3,45	3,85	4,00	4,20	4,35	4,55

Figura 20. Relación sobrecarga-Luz.

Comprobación a flexión y cortante

Para comprobar cortante y flexión se considera las placas alveolares como biapoyadas con una carga distribuida linealmente, ya que los cálculos se realizan para una anchura de un metro:

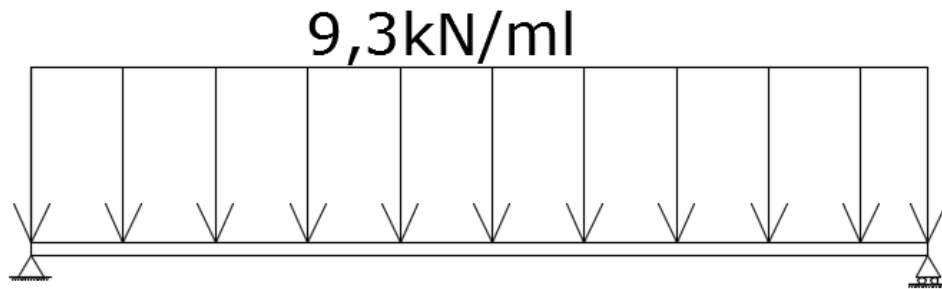


Figura 20. Distribucion de carga

Diagrama momento flector

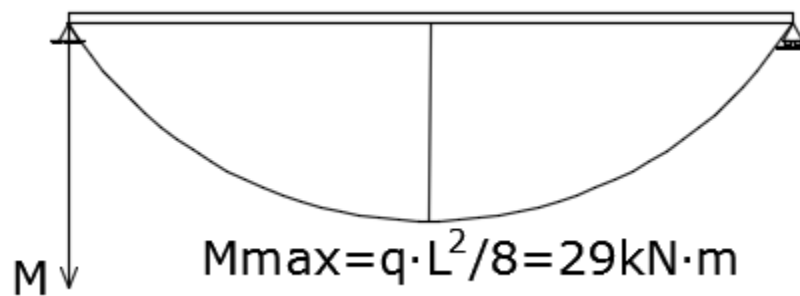


Figura 20. Diagrama momento flector

Diagrama cortante

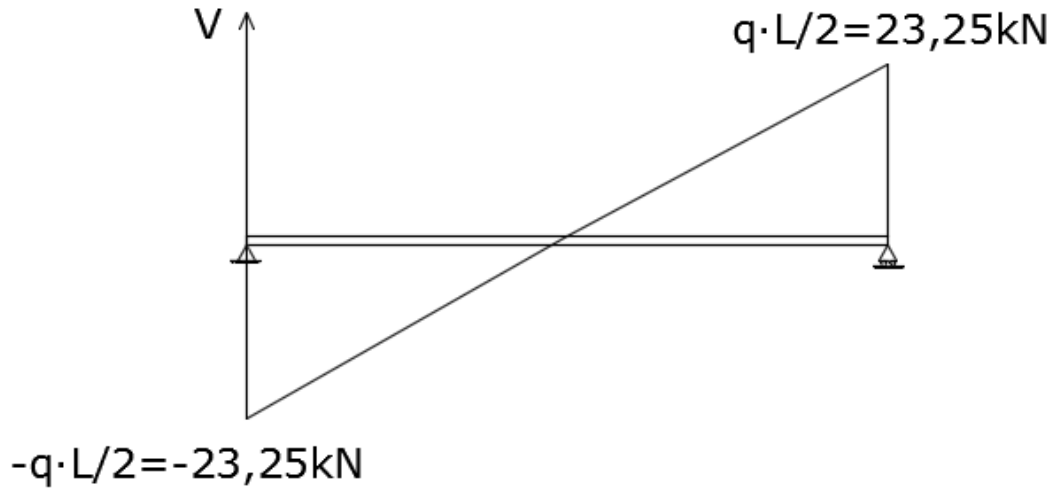


Figura 21. Diagrama cortante

3.3.7.3 RESULTADOS

Teniendo en cuenta los resultados se comprueba que con el armado PAR1 será suficiente para soportar cargas de flexión y cortante.

13.- CARACTERISTICAS MECANICAS FORJADO FLEXIÓN POSITIVA																	
FORJADO 25+5																	
TIPO	Módulo Resistente Inferior (mm ² /m)	β^*	ELU. SOLICITACIONES NORMALES				ELU. ESFUERZO CORTANTE ULTIMO								Rigidez E-I		
			M _{ultimo}	Servicio			M ₂ > M ₀	M ₂ < M ₀ (kNm)						ζ^*	R _u (kN/m)	Total	Fis
				M ₀	M _{0,1}	M _{0,2}		le = 75 mm.		le = 100 mm.		le = 125 mm.					
			(m-kNm)				(kN)		V _{u1}	V _{u2}	V _{u3}	V _{u4}	V _{u5}	V _{u6}	(m ² -kNm)		
PAR1	12196916	1,78	65,32	24,58	50,02	55,21	81,75	190,95	48,13	193,91	59,07	196,83	70,01	1,24	121,23	59723	3059
PAR2	12259728		108,60	45,20	70,76	79,42	96,16	206,43	84,48	210,74	103,68	214,96	122,88			59913	5316
PAR3	12332599		152,92	67,60	93,31	107,09	107,26	196,56	69,02	199,94	84,70	203,26	100,39			60138	7607
PAR4	12383772		180,39	82,23	108,04	126,41	113,13	202,25	83,70	206,10	102,73	209,88	121,75			60298	8985
PAR5	12434907		207,21	96,66	122,58	145,55	118,46	207,80	90,62	212,10	111,21	216,31	131,81			60458	10330
PAR6	12498369		251,08	118,83	144,87	167,83	127,88	217,75	118,90	222,86	145,92	227,86	172,94			60634	12932
PAR7	12530029		272,17	129,59	155,69	178,66	132,12	222,51	132,69	228,00	162,84	233,36	193,00			60722	14189
PAR8	12620372		303,86	147,50	173,80	210,55	137,54	229,65	145,79	235,65	178,93	241,51	212,06			61047	15417
PAR9	12702798		344,58	171,15	197,62	210,55	144,72	238,81	172,34	245,50	211,50	252,01	250,67			61291	17798
PAR10	12753616		364,45	184,30	210,87	238,96	148,05	243,43	185,38	250,45	227,51	257,28	269,64			61447	18951

Figura 22. Características mecánicas forjado a flexión positive

TIPO DE LOSA		PAR1	PAR2	PAR3	PAR4	PAR5	PAR6	PAR7	PAR8	PAR9	PAR10
Disposición de las Armaduras	Fila D	4 Ø 5	4 Ø 5	4 Ø 5	4 Ø 5	4 Ø 5	4 Ø 5	6 Ø 5	6 Ø 5	6 Ø 5	6 Ø 5
	Fila C										
	Fila B	4 Ø 5	4 Ø 5	8 Ø 5	2 C 9.3	4 C 9.3	4 C 9.3	4 C 9.3	6 C 9.3	8 C 9.3	10 C 9.3
	Fila A	6 Ø 5	10 Ø 5	10 Ø 5	6 C 9.3	6 C 9.3	8 C 9.3	10 C 9.3	10 C 9.3	10 C 9.3	10 C 9.3
σ_o (N/mm ²)	Alambres	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250	1.250
	Cordones	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300	1.300
Perdidas Totales %		12,64	13,89	15,15	16,08	17,70	19,21	21,42	22,95	24,46	25,94

Figura 23. Disposición armados de la pieza

Tipo de Forjado	15+5	15+8	15+10
	Nº redondos por ml. / Diámetro (mm.)		
Armadura A1	5/4	5/5	4/6
Armadura A2	4/4	4/4	4/5

Figura 24. Armadura de reparto

Armadura A1: Armadura de reparto dispuesta en la dirección perpendicular a los nervios.

Armadura A2: Armadura de reparto dispuesta en la dirección paralela a los nervios.

ARMADO TIPO		PAR1	PAR2	PAR3	PAR4	PAR5	PAR6	PAR7	PAR8	PAR9	PAR10
σ Transferencia (N/mm ²)	Gp. fibra inferior	3,41	5,26	6,37	8,37	9,84	12,31	14,56	16,05	17,53	19,02
	Gp. fibra superior	2,41	2,25	2,82	2,20	2,96	2,75	3,58	4,34	5,10	5,86
f_{ct} Transferencia(N/mm ²)		30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00	32,00	32,00

Figura 25. Resistencia característica etapa de transferencia

f_{ct} Transferencia = Mínima resistencia del hormigón en la etapa de transferencia o corte para verificar la Fisuración por Solicitaciones Normales de Compresión

ARMADO TIPO	PAR1	PAR2	PAR3	PAR4	PAR5	PAR6	PAR7	PAR8	PAR9	PAR10
Canto de la placa (h_{placa})	150									
Corrección Δ_{as} (mm.)	$\Delta_{as} = -10$ ($\mu_i = 0,40$)			$\Delta_{as} = -15$ ($\mu_i = 0,50$)			$\Delta_{as} = -20$ ($\mu_i = 0,60$)			
Resistencia al Fuego REI ($\mu_i = 0,40$)	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
Resistencia al Fuego REI ($\mu_i = 0,50$)	120	90	120	90	120	90	90	120	120	120
Resistencia al Fuego REI ($\mu_i = 0,60$)	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90

Figura 25. Protección contra incendio

La determinación de las resistencias al fuego para cada uno de los armados se desarrolla conforme al método de comprobación mediante tablas, que se recoge en el apartado 5 del Anejo 6 de la Instrucción EHE-08. En la obtención de los valores de resistencia al fuego se ha contabilizado una reducción del 10% en la distancia mínima equivalente que se recoge en la tabla A.6.5.6 del Anejo 6 de la Instrucción EHE-08 para elementos de flexión en una dirección, por la utilización de áridos de naturaleza caliza.

3.3.8 ESCALERA

Una escalera está conformada básicamente por una serie de escalones, los que a su vez se componen de una huella (su parte horizontal, donde se apoyará el pie) y una contrahuella (su parte vertical). Aunque puede variar en su diseño, cada escalón debe además contar con uno o más descansos, un pasamanos...etc.

La efectiva fórmula desarrollada por el arquitecto francés **François Blondel**, permite determinar las dimensiones correctas de una escalera cómoda y eficiente según su uso.

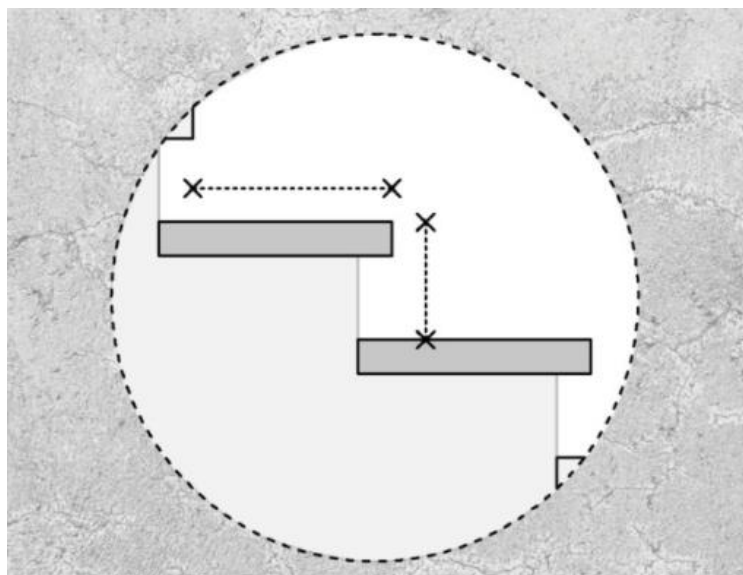


Figura 26. Relación huella contrahuella

2 contrahuellas + 1 Huella \approx 62 – 64 cm \rightarrow Relación para escalera optima

Se recomienda:

Ancho de escalera: 90cm – 120cm \rightarrow supondremos 100 cm (criterio **DB-SUA1** apartado 4)

Dimension de descanso = Ancho de escalera

Huellas: min 28cm

Contrahuella: max 18cm

I. Calcular la cantidad de escalones que se necesitarán

Considerando una contrahuella ideal de 17 cm, se divide el alto del espacio por la altura de cada escalón. El resultado siempre debe redondearse hacia arriba:

$$\frac{\text{Altura escalera}}{\text{Contrahuella}} = \frac{4 \text{ metros}}{0.17 \text{ metros}} = 23,52 \approx 24 \text{ escalones}$$

II. Calcular la altura de cada Contrahuella

Se divide el alto del espacio por el número de escalones que acabamos de obtener:

$$\text{Altura contrahuella} = \frac{4 \text{ metros}}{24} = 0.167 \text{ metros}$$

III. Formula Blondel

Suponiendo el ancho de la huella de 29cm:

$$2 \cdot (16,7\text{cm}) + 1 \cdot (29\text{ cm}) = 62,4\text{ cm}$$

Geometria

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 17 cm y una huella de 29 cm, cumpliendo la relación de:

$$2 \text{ contrahuellas} + 1 \text{ Huella} \approx 62 - 64 \text{ cm}$$

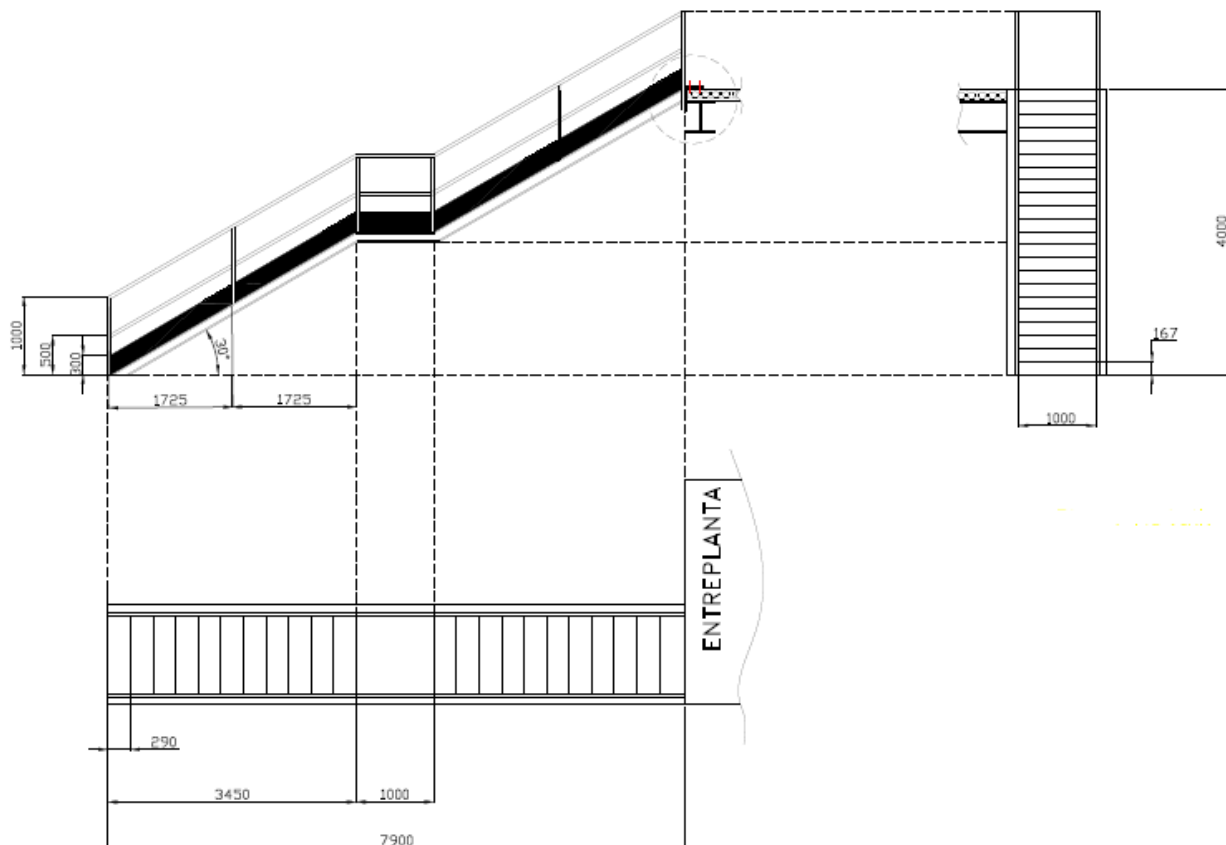


Figura 27. Croquis plano escalera

Se procederá a introducir las zancas, la viga en el “Nuevo Metal 3D” para posteriormente llevar a cabo su cálculo.

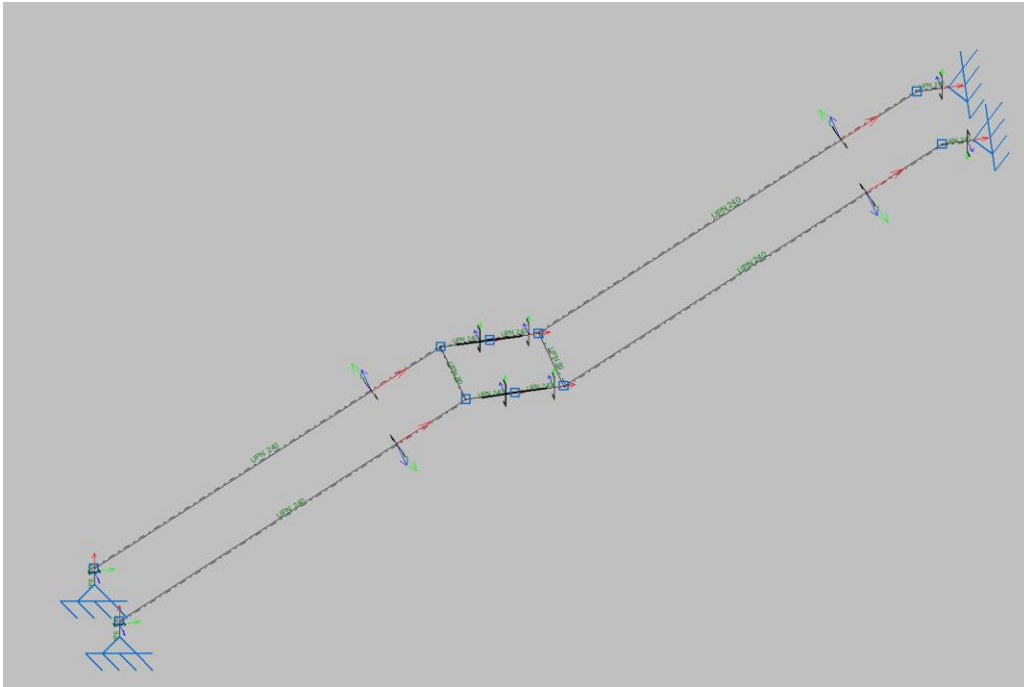


Figura 27. Croquis de la estructura metálica de la escalera

Cargas

Para las escaleras ligeras con peldaños de chapa lagrimada y barandas de perfiles tuburares, como es este caso, el **peso propio** de la escalera será **80 kg/m²**.



Figura 28. *Peso propio*

La sobrecarga de uso de la escalera será de 306 kg/m².

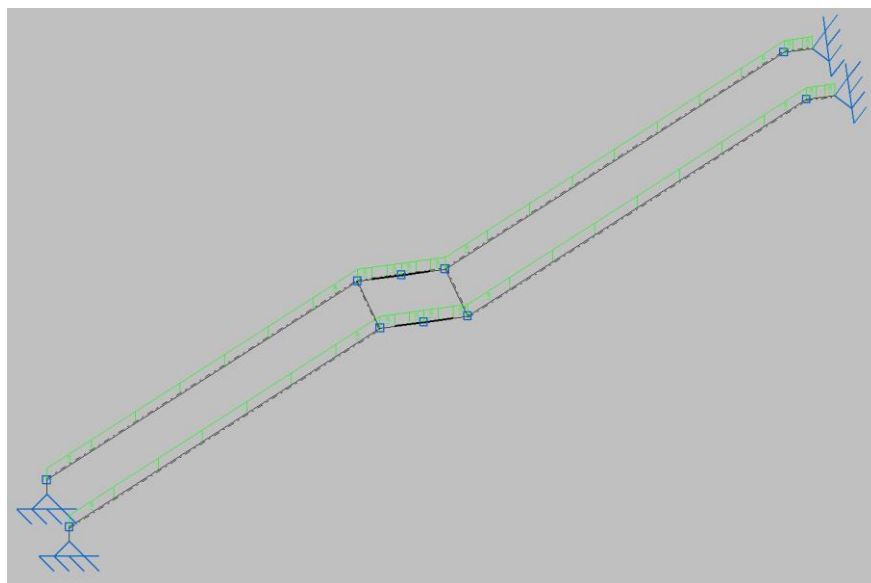


Figura 28. *Sobrecarga de uso*

Se asignará 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 reacciones las siguientes:

Reacciones en los apoyos:

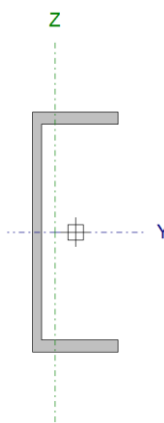
Ry= 11.5kN

Rz= 2.5kN

Comprobaciones

A continuación, se adjuntan los listados de comprobación que ofrece CYPE

Barra N4/N9

Perfil: UPN 240									
Material: Acero (S275)									
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas						
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	
N4	N9	4.014	42.30	3600.00	248.00	18.57	-20.20	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.				
	η	1.00	1.00	0.00	0.00				
	L _k	4.014	4.014	0.000	0.000				
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000				
	C ₁	-		1.000					
Notación: η : Coeficiente de pandeo L _k : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico									
Situación de incendio									
Resistencia requerida: R 30									
Factor de forma: 188.78 m-1									
Temperatura máx. de la barra: 638.0 °C									
Pintura intumescente: 0.4 mm									

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	η	η_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE													Estado		
	λ	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
N4/N9	λ 2.0 Cumple	λ_w $\lambda_{w,max}$ Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$x: 0$ m $\lambda = 21.9$	$x: 0$ m $\lambda = 32.2$	$x: 4.014$ m $\lambda = 4.0$	$x: 4.014$ m $\lambda = 3.9$	$\lambda = 0.1$	$\lambda < 0.1$	$\lambda < 0.1$	$x: 0$ m $\lambda = 46.1$	$\lambda < 0.1$	$\lambda = 12.1$	$x: 4.014$ m $\lambda = 4.1$	$\lambda = 0.1$	CUMPLE $\lambda = 46.1$
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado		
	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			
N4/N9	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	$x: 0$ m $\lambda = 39.5$	$x: 0$ m $\lambda = 38.5$	$x: 4.014$ m $\lambda = 4.8$	$x: 4.014$ m $\lambda = 4.7$	$\lambda = 0.1$	$\lambda < 0.1$	$\lambda < 0.1$	$x: 0$ m $\lambda = 69.8$	$\lambda < 0.1$	$\lambda = 14.4$	$x: 4.014$ m $\lambda = 4.9$	$\lambda = 0.2$	CUMPLE $\lambda = 69.8$		
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																
Notación: 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 λ : Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																

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

La esbeltez reducida λ_{red} de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

λ_{red} : 1.91 ✓

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 : 42.30 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} : 319.05 kN

El axil crítico de pandeo elástico **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.

N_{cr,z} : 319.05 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión.

N_{cr,FT} : 4631.43 kN

Donde:

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

N_{cr,y} : 4631.43 kN

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

N_{cr,T} : ?

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : <u>3600.00</u> cm4
I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>248.00</u> cm4
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>18.57</u> cm4
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>26054.17</u> cm6
E: Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>4.014</u> m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>4.014</u> m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>0.000</u> m
α : Constante adimensional obtenida mediante la siguiente expresión:	α : <u>0.80</u>

Donde:

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 : <u>10.64</u> cm
---	-------------------------

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>9.23</u> cm
	i_z : <u>2.42</u> 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 : <u>-47.19</u> mm
	z_0 : <u>0.00</u> mm

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

Se debe satisfacer:

22.53 \geq 310.74 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>214.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>9.50</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>20.33</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>11.05</u> cm ²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E: Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

Siendo:

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\sigma : 0.046 \quad \checkmark$$

$$\sigma : 0.219 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

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

$$N_{c,Ed} : 51.49 \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : 1107.86 \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : 1$$

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

$$A : 42.30 \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{Mo} : 1.05$$

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:

$$N_{b,Rd} : 235.25 \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : 42.30 \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

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. $\gamma_{M1} : 1.05$

γ_z : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\gamma_z : 0.21$

$\gamma_{FT} : 0.84$

Siendo:

$\gamma_z : 2.74$

$\gamma_{FT} : 0.70$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha : 0.49$

$\gamma_{FT} : 0.49$

λ_{red} : Esbeltez reducida.

$\lambda_{red} : 1.91$

$\lambda_{red,FT} : 0.50$

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

$N_{cr} : 319.05$ kN

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

$N_{cr,z} : 319.05$ kN

$N_{cr,FT}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión.

$N_{cr,FT} : 4631.43$ kN

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

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.322$ ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.5-Q1.

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

$M_{Ed}^+ : 30.37$ 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:

$M_{c,Rd} : 94.18$ 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.

$W_{pl,y} : 359.60$ cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : 0.040 ✓

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 N9, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

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

M_{Ed}^- : 0.90 kN·m

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

$M_{c,Rd}$: 22.22 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.

$W_{pl,z}$: 84.83 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\tau : \underline{0.039} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N9, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

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

$$V_{Ed} : \underline{13.66} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{349.67} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{23.13} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{240.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

$$22.53 \tau \leq 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

τ_w : Esbeltez del alma.

$$\tau_w : \underline{22.53}$$

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

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

τ : Factor de reducción.

$$\tau : \underline{0.92}$$

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

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} : 0.42 kN

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

$V_{c,Rd}$: 332.21 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 21.97 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 42.30 cm²

d : Altura del alma.

d : 214.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 9.50 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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 - Temperatura ambiente (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 $V_{c,Rd}$.

2.96 kN \square 174.84 kN 


Los esfuerzos solicitantes de cálculo p \acute{e} simos se producen para la combinaci3n de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de c3lculo p \acute{e} simo. V_{Ed} : 2.96 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de c3lculo. $V_{c,Rd}$: 349.67 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Art3culo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de c3lculo a flexi3n, ya que el esfuerzo cortante solicitante de c3lculo p \acute{e} simo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de c3lculo a cortante $V_{c,Rd}$.

0.42 kN \square 166.11 kN 


Los esfuerzos solicitantes de c3lculo p \acute{e} simos se producen para la combinaci3n de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.


V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de c3lculo p \acute{e} simo. V_{Ed} : 0.42 kN


$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de c3lculo. $V_{c,Rd}$: 332.21 kN

Resistencia a flexi3n y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Art3culo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

\square : 0.404 

\square : 0.410 

\square : 0.461 

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N4, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \frac{51.49}{\quad} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed}^+ : \frac{30.37}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \frac{0.78}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$\text{Clase} : \frac{1}{\quad}$$

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

$$N_{pl,Rd} : \frac{1107.86}{\quad} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \frac{94.18}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \frac{22.22}{\quad} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

A : Área de la sección bruta.

$$A : \frac{42.30}{\quad} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \frac{359.60}{\quad} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \frac{84.83}{\quad} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \frac{261.90}{\quad} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \frac{275.00}{\quad} \text{ MPa}$$

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

$$\gamma_{M1} : \frac{1.05}{\quad}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \frac{1.02}{\quad}$$

$$k_z : \frac{1.31}{\quad}$$

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

$$C_{m,y} : \frac{1.00}{\quad}$$

$$C_{m,z} : \frac{1.00}{\quad}$$

η_y , η_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_y : \frac{0.84}{\quad}$$

$$\eta_z : \frac{0.21}{\quad}$$

η_{η_y} , η_{η_z} : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_{\eta_y} : \frac{0.50}{\quad}$$

$$\eta_{\eta_z} : \frac{1.91}{\quad}$$

χ_y , χ_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\chi_y : \frac{0.60}{\quad}$$

$$\chi_z : \frac{0.60}{\quad}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (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.

$$2.96 \text{ kN} \leq 166.16 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{2.96} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{332.31} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\leq 0.121 \quad \checkmark$$

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.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{T,Rd} : \underline{2.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{14.28} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\leq 0.041 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p_{simos} se producen en el nudo N9, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p_{simos}.

$$V_{Ed} : \underline{13.66} \text{ kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{332.31} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{349.67} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{18.30} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{14.28} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\tau : \underline{0.001} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p_{simos} se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p_{simos}.

$$V_{Ed} : \underline{0.42} \text{ kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{315.72} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.
 $\alpha_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$V_{pl,Rd}$: 332.21 kN
 $\alpha_{T,Ed}$: 18.30 MPa

Siendo:

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

W_T : 14.28 cm³
 f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa
 α_{MO} : 1.05

Resistencia a tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

α : 0.055 ✓

α : 0.395 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones PP+0.5-Q1.

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

$N_{c,Ed}$: 24.38 kN

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

$N_{c,Rd}$: 440.26 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 : 42.30 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 104.08 MPa

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,Rd} : 104.08$ MPa

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

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,Rd} : 0.38$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,Rd} : 1.00$

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:

$N_{b,Rd} : 61.75$ kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A : 42.30** cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 104.08$ MPa

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,Rd} : 104.08$ MPa

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

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,Rd} : 0.38$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,Rd} : 1.00$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_z : 0.14$

$\chi_{FT} : 0.76$

Siendo:

$\chi_z : 3.98$

$\chi_{FT} : 0.81$

α : Coeficiente de imperfección elástica. $\alpha_z : 0.49$

$\alpha_{FT} : 0.49$

λ_{red} : Esbeltez reducida. $\lambda_{red,z} : 2.42$

$\lambda_{red,FT} : 0.64$

$k_{\alpha,Rd}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{\alpha,Rd} : 1.27$

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

$$N_{cr} : \underline{319.05} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{319.05} \text{ kN}$$

$N_{cr,FT}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexotorsión.

$$N_{cr,FT} : \underline{4631.43} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.385} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N4, para la combinación de acciones PP+0.5·Q1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{14.39} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{37.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{359.60} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{104.08} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\beta} : \underline{104.08} \text{ MPa}$$

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

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

$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\beta} : \underline{0.38}$$

$\eta_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\eta_{M,\beta} : \underline{1.00}$$

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.048} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N9, para la combinación de acciones PP+0.5·Q1.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.42} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{8.83} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{84.83} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{104.08} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\beta} : \underline{104.08} \text{ MPa}$$

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

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

$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\beta} : \underline{0.38}$$

$\eta_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\eta_{M,\beta} : \underline{1.00}$$

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.047} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N9, para la combinación de acciones PP+0.5-Q1.

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

$$V_{Ed} : \underline{6.46} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{138.96} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{23.13} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{240.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{104.08} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{104.08} \text{ MPa}$$

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

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

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.38}$$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

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:

$$22.53 \leq 64.71$$



Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{22.53}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{máx} : \underline{64.71}$$

η : Factor de reducción.

$$\eta : \underline{0.92}$$

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

η : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·Q1.

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

V_{Ed} : 0.20 kN

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

$V_{c,Rd}$: 132.02 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 21.97 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 42.30 cm²

d : Altura del alma.

d : 214.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 9.50 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 104.08 MPa

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,Rd}$: 104.08 MPa

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

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.


$k_{y,Rd}$: 0.38

$\eta_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\eta_{M,Rd}$: 1.00

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 $V_{c,Rd}$.

1.41 kN \leq 69.48 kN 

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5-Q1.

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


V_{Ed} : 1.41 kN

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

$V_{c,Rd}$: 138.96 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 $V_{c,Rd}$.

0.20 kN \leq 66.01 kN 

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5-Q1.

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


V_{Ed} : 0.20 kN


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

$V_{c,Rd}$: 132.02 kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

η : 0.482 

η : 0.508 

η : 0.698 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N4, para la combinación de acciones PP+0.5·Q1.

Donde:

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

$N_{c,Ed}$: 24.38 kN

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

$M_{y,Ed}^+$: 14.39 kN·m

$M_{z,Ed}^+$: 0.37 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.

$N_{pl,Rd}$: 440.26 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.

$M_{pl,Rd,y}$: 37.43 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$: 8.83 kN·m

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

A: Área de la sección bruta.

A : 42.30 cm²

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

$W_{pl,y}$: 359.60 cm³

$W_{pl,z}$: 84.83 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 104.08 MPa

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,Rd}$: 104.08 MPa

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

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,Rd}$: 0.38

$\eta_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\eta_{M,Rd}$: 1.00

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

k_y : 1.03

k_z : 1.55

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

$C_{m,y}$: 1.00

$C_{m,z}$: 1.00

η_y , η_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

η_y : 0.76

η_z : 0.14

α_y, α_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\alpha_y : \underline{0.64}$$

$$\alpha_z : \underline{2.42}$$

β_y, β_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\beta_y : \underline{0.60}$$

$$\beta_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 PP+0.5-Q1.

$$1.41 \text{ kN} \leq 65.35 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{1.41} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{130.71} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.144} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5-Q1.

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.12} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{T,Rd} : \underline{0.86} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{14.28} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{104.08} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,R}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,R} : \underline{104.08} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
$k_{y,\theta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.	$k_{y,\theta}$: <u>0.38</u>
$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M,\theta}$: <u>1.00</u>

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\gamma : \underline{0.049} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N9, para la combinación de acciones PP+0.5·Q1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 6.46 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed}$: 0.12 kN·m

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{130.71} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: 138.96 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: 8.66 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. W_T : 14.28 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 104.08 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,\theta}$: 104.08 MPa

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

$k_{y,\theta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,\theta}$: 0.38

$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,\theta}$: 1.00

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·Q1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.20} \text{ kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.12} \text{ kN-m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{124.18} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{132.02} \text{ kN}$$

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

$$\xi_{T,Ed} : \underline{8.66} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{14.28} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{104.08} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{104.08} \text{ MPa}$$

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

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

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.38}$$

$\xi_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\xi_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

3.4 GENERADOR DE PORTICOS

3.4.1 INTRODUCCION DE DATOS DE OBRA

Separación entre pórticos: 5m.

Numero de vanos: 10

Se establece un número total de 8 vanos lo que le otorga una longitud total a la nave de 50 m.

Peso del cerramiento: 0.098KN/m2.

Se le otorga un peso de cerramiento de 0.098 KN/m² tanto en la cubierta como en los laterales que corresponde al panel sándwich previamente seleccionado de la empresa Italpanelli.

Sobrecarga del cerramiento: 0.4 KN/m2.

Este dato corresponde a la sobrecarga de uso del SE-AE correspondiente a cubiertas accesibles únicamente para conservación con una subcategoría de uso de cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado).

Sobrecarga de viento

En primer lugar, se selecciona la normativa a utilizar, que es en este caso el CTE DB SE-AE (Código Técnico de Edificación y Documento Básico de Seguridad Estructural- Acciones en la Edificación).

En segundo lugar, se establece la correspondiente zona eólica que en este caso y según el mapa es la B.



Figura 29. Velocidad básica del viento

En tercer lugar, se establece un grado de aspereza III que corresponde a una zona rural accidentada o llana con obstáculos.

Se establece un periodo de servicio de 50 años.

Por último, se introduce las coordenadas de los huecos de la fachada que son los siguientes:

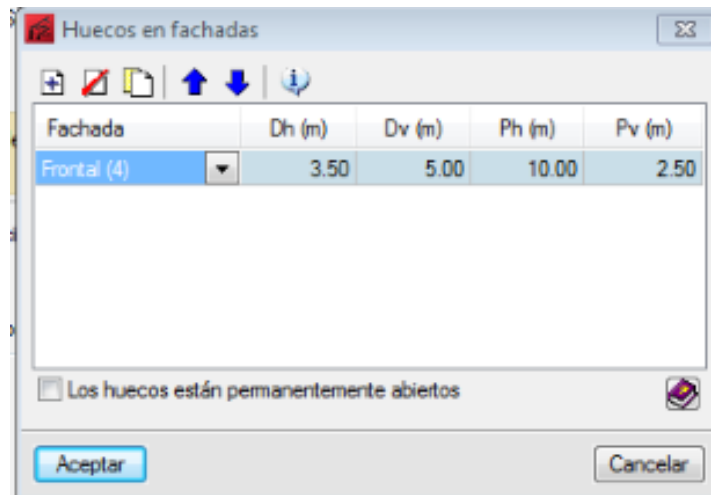


Fig. 30. Introducción de huecos

El criterio utilizado para la disposición de los huecos de la fachada corresponde al esquema de la siguiente figura.



Fig. 31. Esquema de introducción de huecos

Este aspecto será importante tenerlo en cuenta, pues en función de los huecos que consideremos podemos tener una sobrepresión o una depresión interior. Estas condiciones diferenciales de presión interior generarían unas cargas en cada cara de la nave que habría que sumarlas algebraicamente a las cargas exteriores de viento para obtener las cargas totales. Con todos estos datos, el Generador de Pórticos generará 12 hipótesis de viento que son:

- 1 - V H1: Cubiertas aisladas
- 2 - V H2: Cubiertas aisladas
- 3 - V H3: Cubiertas aisladas
- 4 - V H4: Cubiertas aisladas
- 5 - V H5: Cubiertas aisladas
- 6 - V H6: Cubiertas aisladas
- 7 - V(0°) H1: Viento a 0°, presión exterior tipo 1 Succión interior
- 8 - V(0°) H2: Viento a 0°, presión exterior tipo 2 Succión interior
- 9 - V(90°) H1: Viento a 90°, presión exterior tipo 1 Succión interior
- 10 - V(180°) H1: Viento a 180°, presión exterior tipo 1 Succión interior
- 11 - V(180°) H2: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 Succión interior
- 12 - V(270°) H1: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 Succión interior

Normativa para el cálculo de la sobrecarga de viento

España UE Alemania Bélgica Bulgaria Francia Italia Portugal Argelia Marruecos Argentina Brasil Colombia Cuba México Paraguay Perú Venezuela Canadá USA India

CTE DB SE-AE NTE

CTE DB SE-AE
Código Técnico de la Edificación.
Documento Básico Seguridad Estructural - Acciones en la Edificación

Zona eólica

A. Velocidad básica: 26 m/s
 B. Velocidad básica: 27 m/s
 C. Velocidad básica: 29 m/s



Grado de aspereza

Única Según dirección

I II III IV V

Zona rural accidentada o llana con obstáculos

Periodo de servicio (años)

Con huecos

Coefficiente de obstrucción para cubiertas aisladas

Fig 32. Introducción de datos de viento

Sobrecarga de nieve

En este apartado se introducen los datos del emplazamiento de la nave. En primer lugar, se establece la provincia de nuestro proyecto que es Murcia

En segundo lugar, se establecen los datos por termino municipal, que en este caso es Torre-Pacheco, donde además establece una zona de clima invernal de 6 con una altitud topográfica de 42 m.

Normativa para el cálculo de la sobrecarga de nieve

- CTE DB-SE AE (España)
- NTE (España)
- Eurocódigo 1 (Portugal)
- RSA (Portugal)
- Eurocode 1 (France)
- Eurocode 1 (Belgique)
- Eurocódigo 1
- N 84 (France)
- DIN 1055-5 (Alemania)
- NTC: 14-01-2008 (Italia)
- Наредба No3, 21 юли 2004 (Bulgaria)
- ASCE 7 - 05 (USA)
- NBC 05 (Canada)
- IS: 875 (Part 4) - 1987 (Reaffirmed 1997) (India)
- Nieve genérica

Datos del emplazamiento

Zona 1 2 3 4 5 6 7

Altitud topográfica m

Exposición al viento

Protegida Normal Fuertemente expuesta

Si la construcción está protegida de la acción del viento, el valor de la carga de nieve se incrementa en un 20%.

Si se encuentra en un emplazamiento fuertemente expuesto a la acción del viento, el valor de la carga de nieve se reduce en un 20%.

Descripción de la cubierta

Cubierta con resallos

Fig 33. Selección del municipio

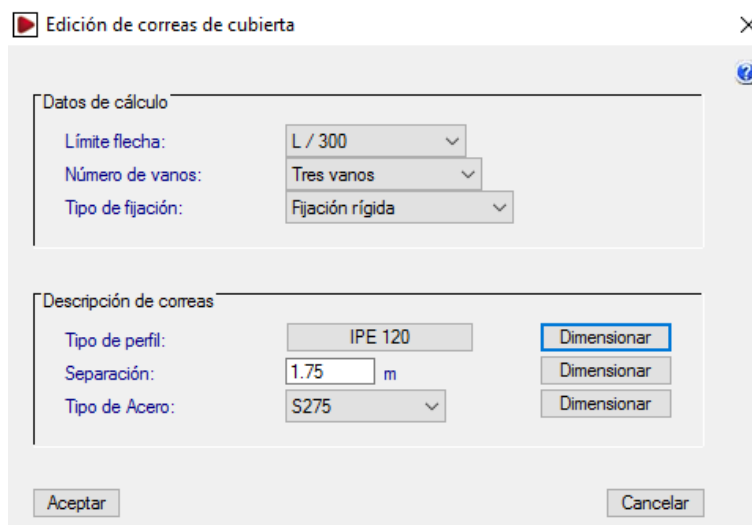
La exposición al viento se establece como normal. Este dato es importante, ya que si la construcción está protegida de la acción del viento el valor de la carga de nieve se incrementa en un 20 %. Por el contrario, si se encuentra en un emplazamiento fuertemente expuesto, el valor de la carga de nieve se reduce en un 20%.

3.4.2 CALCULO DE CORREA

De acuerdo con el CTE-DB-SE la estructura se encuentra incluida en el tercero de los casos (caso C), de forma que la flecha está limitada a $L / 300$.

Las correas trabajarán unidas rígidamente a la cubierta y con una longitud de tres vanos.

El material seleccionado es acero S-275, que es el más utilizado en el mercado y cumple perfectamente los requisitos estructurales. En lo que al tipo de correa se refiere, se selecciona el perfil IPE.



Edición de correas de cubierta

Datos de cálculo

Límite flecha: L / 300

Número de vanos: Tres vanos

Tipo de fijación: Fijación rígida

Descripción de correas

Tipo de perfil: IPE 120

Separación: 1.75 m

Tipo de Acero: S275

Dimensionar

Dimensionar

Dimensionar

Aceptar Cancelar

Fig 34. Introducción de datos de calculo de correa

Una vez introducidos estos datos, el programa permite la optimización del perfil y de la separación para el acero seleccionado.

3.4.2.1 Correas de cubierta

Para las correas de cubierta se elige la separación de 1,75 m y un acero S-275. Con estos datos el programa permite la optimización del perfil y de la separación para el acero seleccionado.

Los resultados son:

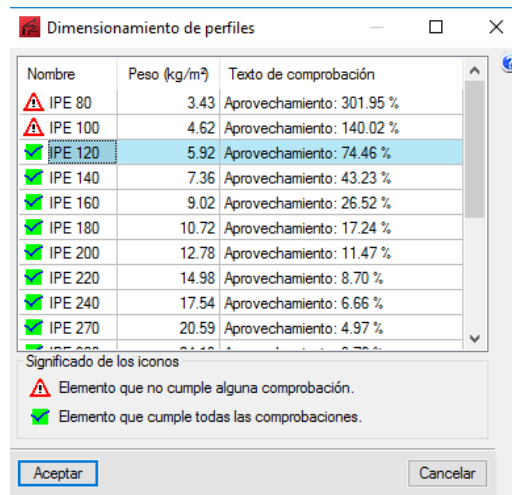


Fig 35. Perfil para correas de cubierta

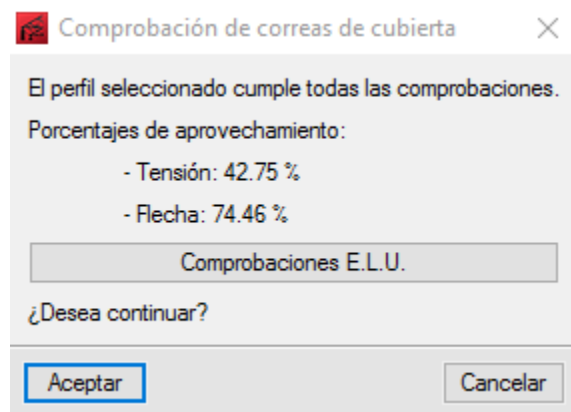


Fig 36. Comprobación del perfil IPE120

A continuación, se muestran las comprobaciones de resistencia y flecha de las correas de cubierta:

Comprobación de Resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 42.75 %

Barra pésima en cubierta

Perfil: IPE 120									
Material: S275									
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas					
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)		
	0.858, 50.000, 7.672	0.858, 45.000, 7.672	5.000	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.			
	ϕ	0.00	1.00	0.00		0.00			
	L _K	0.000	5.000	0.000		0.000			
	C _m	1.000	1.000	1.000		1.000			
	C ₁	-		1.000					
Notación: ϕ: 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			
	ϕ _t	ϕ _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z		M _t	M _y V _z	M _z V _y
pésima en cubierta	N.P. ⁽¹⁾	x: 0.833 m ϕ _w = 42.7 Cumple	N _{EEd} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	N _{EEd} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 5 m ϕ = 42.7	M _{EEd} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	x: 5 m ϕ = 9.0	V _{EEd} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	x: 0.833 m ϕ < 0.1	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	M _{EEd} = 0.00 N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPLE ϕ = 42.7
Notación: ϕ _t : Limitación de esbeltez ϕ _w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axial combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axial y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _y V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _z V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra ϕ: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axial de compresión ni de tracción. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axial de tracción. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axial de compresión. ⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽⁵⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽⁶⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁷⁾ No hay interacción entre axial y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁸⁾ No hay interacción entre momento flector, axial y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽¹⁰⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

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

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

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

Se debe satisfacer:

24.41 \geq 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 : 2140673 kp/cm²

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

f_{yf} : 2803.26 kp/cm²

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

σ : 0.427 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.858, 45.000, 7.672, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(0^\circ)$ H1.

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

M_{Ed}^+ : 0.693 t·m

Para flexión negativa:

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

M_{Ed}^- : 0.000 t·m

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

$M_{c,Rd}$: 1.621 t·m

Donde:

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

Clase : 1

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

$W_{pl,y}$: 60.70 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

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

f_y : 2803.26 kp/cm²

γ_{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:

γ : 0.090 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.858, 45.000, 7.672, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(0^\circ)$ H1.

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

V_{Ed} : 0.870 t

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

$V_{c,Rd}$: 9.703 t

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 6.30 cm²

Siendo:

h: Canto de la sección.

h : 120.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 4.40 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 2669.77 kp/cm²

Siendo:

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

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

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

$$\gamma_{M0} : \frac{1.05}{1}$$

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:

$$21.23 \leq 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

γ_w : Esbeltez del alma.

$$\gamma_w : \frac{21.23}{1}$$

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

$$\gamma_{m\acute{a}x} : \frac{64.71}{1}$$

γ : Factor de reducción.

$$\gamma : \frac{0.92}{1}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \frac{2395.51}{1} \text{ kp/cm}^2$$

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

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

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

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

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

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

$$0.359 \text{ t} \leq 4.852 \text{ t} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.833 m del nudo 0.858, 50.000, 7.672, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(0^\circ) H1$.

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

$$V_{Ed} : \frac{0.359}{1} \text{ t}$$

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

$$V_{c,Rd} : \frac{9.703}{1} \text{ t}$$

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

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

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

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

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

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

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

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

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

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

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

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 74.46 %

Coordenadas del nudo inicial: 0.858, 5.000, 7.672

Coordenadas del nudo final: 0.858, 0.000, 7.672

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot V(0^\circ)$ H1 a una distancia 2.500 m del origen en el tercer vano de la correa.

($I_y = 318 \text{ cm}^4$) ($I_z = 28 \text{ cm}^4$)

3.4.2.2 Correas laterales

Para las correas de laterales se elige la separación de 1,5 m y un acero S-275

Los resultados son:

Nombre	Peso (kg/m³)	Texto de comprobación
IPE 80	4.00	Aprovechamiento: 302.67 %
IPE 100	5.39	Aprovechamiento: 141.78 %
IPE 120	6.91	Aprovechamiento: 76.24 %
IPE 140	8.58	Aprovechamiento: 44.81 %
IPE 160	10.52	Aprovechamiento: 27.90 %
IPE 180	12.51	Aprovechamiento: 18.41 %
IPE 200	14.92	Aprovechamiento: 12.48 %
IPE 220	17.48	Aprovechamiento: 8.75 %
IPE 240	20.46	Aprovechamiento: 6.30 %
IPE 270	24.02	Aprovechamiento: 4.78 %

Significado de los iconos

- Elemento que no cumple alguna comprobación.
- Elemento que cumple todas las comprobaciones.

Aceptar Cancelar

Fig 37. Perfil correas laterales

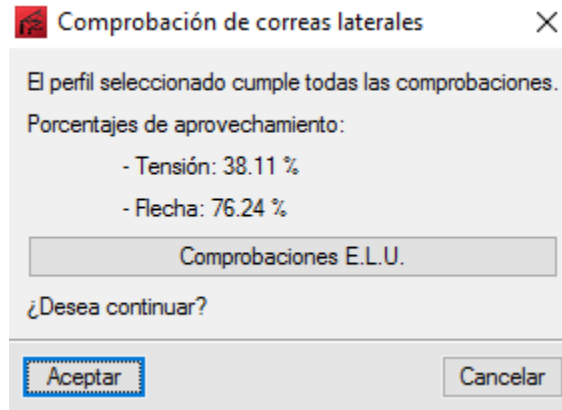


Fig 38. Comprobación de perfil IPE120

A continuación, se muestran las comprobaciones de resistencia y flecha de las correas de laterales:

Comprobación de Resistencia

Comprobación de resistencia
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones.
Aprovechamiento: 38.11 %

Barra pésima en lateral

Perfil: IPE 120							
Material: S275							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	0.000, 50.000, 0.750	0.000, 45.000, 0.750	5.000	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.		
	η	0.00	1.00	0.00	0.00		
L _K	0.000	5.000	0.000	0.000			
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-		1.000				
Notación: η : 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		
	η	η_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
pésima en lateral	N.P. ⁽¹⁾	x: 0.833 m η_w : η_w , mín Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 5 m η = 38.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	x: 5 m η = 7.7	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	x: 0.833 m η < 0.1	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPLE η = 38.1

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado
	ξ_{II}	ξ_{w}	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	M_t	
<p>Notación:</p> <ul style="list-style-type: none"> II: Limitación de esbeltez ξ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N_t: Resistencia a tracción N_c: Resistencia a compresión M_y: Resistencia a flexión eje Y M_z: Resistencia a flexión eje Z V_z: Resistencia a corte Z V_y: Resistencia a corte Y $M_y V_z$: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinadas $M_z V_y$: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinadas $N M_y M_z$: Resistencia a flexión y axil combinadas $N M_y M_z V_y V_z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinadas M_t: Resistencia a torsión $M_t V_z$: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados $M_t V_y$: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra II: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <ul style="list-style-type: none"> ¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción. ²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. ³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. ⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁵⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁶⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁷⁾ No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁸⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ¹⁰⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. 														

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$24.41 \geq 248.01 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \frac{107.40}{1} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \frac{4.40}{1} \text{ mm}$$

A_w : Área del alma.

$$A_w : \frac{4.73}{1} \text{ cm}^2$$

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

$$A_{f_c,ef} : \frac{4.03}{1} \text{ cm}^2$$

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

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

E : Módulo de elasticidad.

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

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

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.381} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.000, 45.000, 0.750, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(90^\circ)$ H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.618} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

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

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

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

$$M_{c,Rd} : \underline{1.621} \text{ t}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{60.70} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.077} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo 0.000, 45.000, 0.750, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(90^\circ)$ H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.748} \text{ t}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{9.703} \text{ t}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{6.30} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{120.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.40} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

$$21.23 \leq 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{21.23}$$

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

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

η : Factor de reducción.

$$\eta : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

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

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

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

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

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 $V_{c,Rd}$.

0.347 t \leq 4.852 t



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.833 m del nudo 0.000, 50.000, 0.750, para la combinación de acciones $0.80 \cdot G1 + 0.80 \cdot G2 + 1.50 \cdot V(90^\circ)$ H1.

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

V_{Ed} : 0.347 t

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

$V_{c,Rd}$: 9.703 t

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

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

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

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

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

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

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

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

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

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

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

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

Comprobación de flecha

Comprobación de flecha
El perfil seleccionado cumple todas las comprobaciones. Porcentajes de aprovechamiento: - Flecha: 76.24 %

Coordenadas del nudo inicial: 0.000, 50.000, 0.750

Coordenadas del nudo final: 0.000, 45.000, 0.750

El aprovechamiento pésimo se produce para la combinación de hipótesis $1.00 \cdot G1 + 1.00 \cdot G2 + 1.00 \cdot V(90^\circ)$ H1 a una distancia 2.500 m del origen en el primer vano de la correa.

($I_y = 318 \text{ cm}^4$) ($I_z = 28 \text{ cm}^4$)

3.5 ESTUDIO EN NUEVO METAL 3D

Hasta este punto se han introducido las dimensiones principales de la estructura, además de los datos generales referidos tanto a las acciones permanentes, variables, como accidentales.

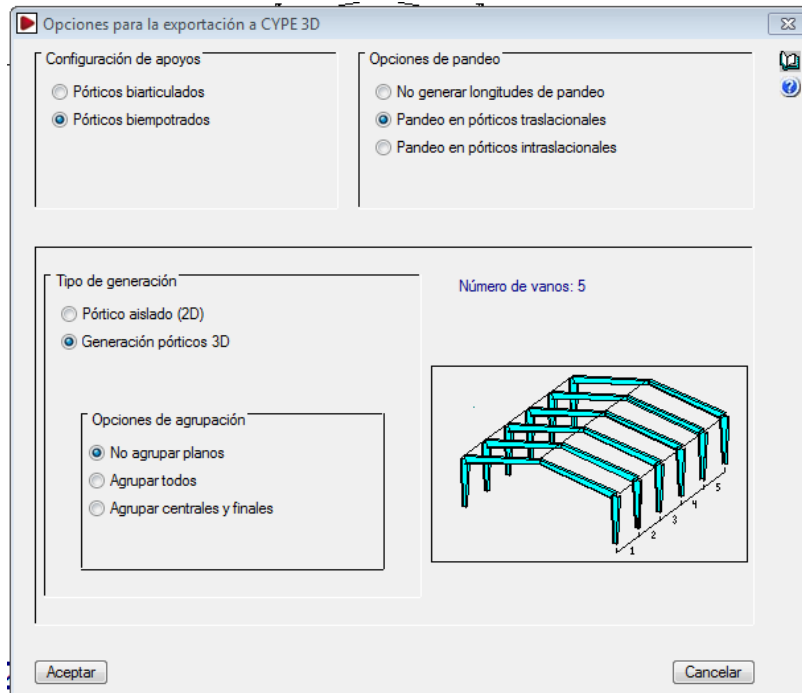
También se han dimensionado tanto las correas laterales como de cubierta.

En este apartado se procede la exportación a Metal 3d, donde se definen el resto de variables de la estructura, así como el dimensionamiento del resto de componentes de la estructura.

3.5.1 CREACIÓN DEL PORTICO

El primer paso para la exportación es la de definir el tipo de pórticos que conforman la estructura.

- Pórtico biempotrados
- Pandeo en pórticos traslacionales
- Generación de pórticos 3D
- No agrupar planos



3.5.2 INTRODUCCIÓN DE LAS BARRAS

Una vez generadas las filas de pórticos se procederá a la introducción del resto de barras que conforman la estructura:

Vigas de atado: Se trata de vigas biarticuladas que ataran las cabezas de los pilares a lo largo de toda la nave. Se utilizarán perfiles metálicos HEB.

Arriostramientos: Se empleará tirantes redondos macizos para los arriostramientos en cruz de san andrés, situará en ambos pórticos hastiales y pórtico central.

Pilarillos: Se dispone de pilarillos en ambos pórticos hastiales

Entreplanta: Se situará en el último vano de la nave industrial, se introduce vigas de EHB y pilar IPE en el pórtico contiguo.

3.5.3 INTRODUCCIÓN DE PANDEO

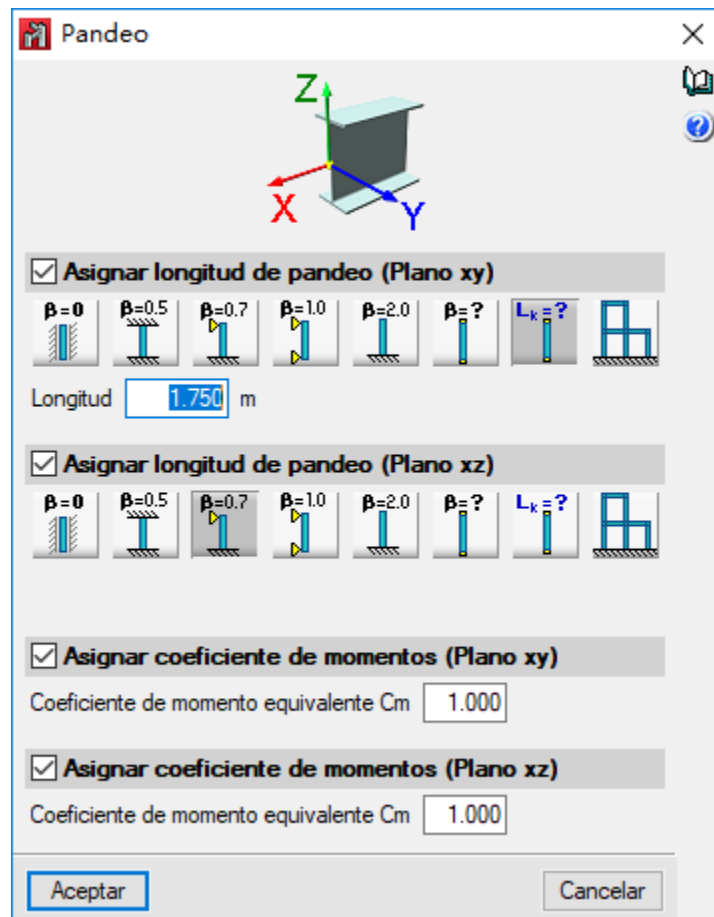
El pandeo es un fenómeno que se da en las piezas sometidas a compresión.

El coeficiente de pandeo es un valor mayor o igual a cero que pondera la longitud de la barra, calculando la llamada longitud de pandeo ($LK = \beta \cdot L$). Es el efecto que limita la capacidad portante de la barra debido a que, al deformarse con la carga, pierde su forma de máxima resistencia.

Para el pandeo es muy importante conocer si la estructura se comportará como traslacional o intraslacional. Se considera la estructura traslacional en el plano del pórtico, e intraslacional en el plano longitudinal gracias a la rigidez de los elementos estructurales secundarios.

En M3D se deben introducir los coeficientes de pandeo en función de los ejes locales de cada barra y se deben introducir en cada uno de los dos planos principales de cada una de las barras. El criterio que utiliza CYPE para designar los planos es el siguiente:

- El plano débil de perfil se le denomina plano “xy” y se corresponde con el plano paralelo a las alas del perfil.
- El fuerte del perfil se le denomina “xz” y se corresponde con el plano que contiene el alma de la pieza.



En la siguiente figura se muestra los coeficientes de pandeo proporcionados por el programa.

Coeficiente de pandeo

- **Pilares**

En el plano de inercia débil (xy), se le asigna una longitud de pandeo de 1,75 m correspondiente a la distancia entre correas laterales ($L_k = 1,75$ m).

En el plano fuerte (xz), los pilares están empotrados articulados, corresponde una longitud de pandeo de 0,7. En caso de pórtico 10 y 11 empotrado articulado hasta la viga de entreplanta y desde la viga hasta el dintel los pilares se comportan como barras biarticuladas, con un coeficiente de pandeo de 1.

- **Dinteles**

En el plano de inercia débil (xy) se le asigna una longitud de pandeo de 1,75 m. Esta longitud corresponde a la distancia entre correas de cubierta ($L_k = 1,75$ m).

En el plano de inercia fuerte (xz) se le asigna una longitud de pandeo L_k de 6,093 m, a los dinteles que cuentan con cruces de san andres, y 12,186 m a los dinteles centrales.

- **Pilarillos**

En el plano de inercia débil (xy), se le asigna una longitud de pandeo de 1.5 m, correspondiente a la distancia entre correas laterales ($L_k = 1,5$ m).

En el plano fuerte (xz), los pilarillos están empotrados articulados, correspondiéndole una longitud de pandeo de 0,7. En caso de pórtico 11 empotrado articulado hasta la viga de entreplanta y desde la viga hasta el dintel los pilares se comportan como barras biarticuladas, con un coeficiente de pandeo de 1.

- **Vigas de la entreplanta**

En el plano débil (xy) y en plano fuerte (xz), el coeficiente de pandeo es 0, porque un forjado arriostra impidiendo por completo el pandeo.

- **Pilares de la entreplanta**

En el plano débil (xy) y en plano fuerte (xz), el coeficiente de pandeo es 0,7, porque estos pilares son empotrados articulados en ambos planos.

- **Cordones, montantes y viga climatizador**

El coeficiente de pandeo tanto para el plano fuerte y débil es 1 debido a que son barras

biarticuladas.

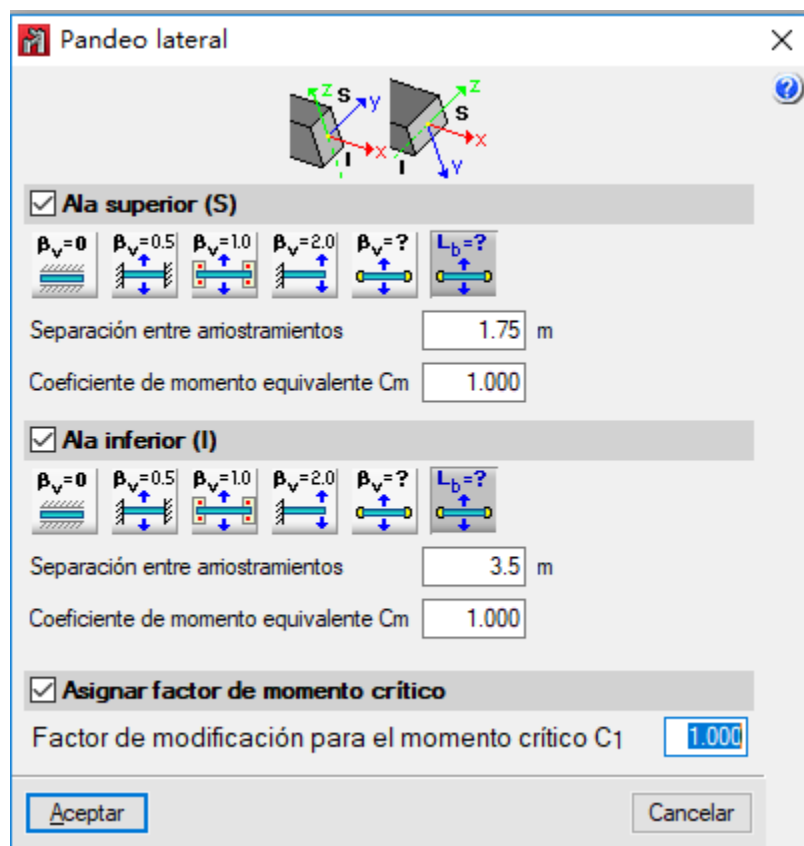
- **Vigas de atado de cabeza de pilares**

En el plano débil (xy) las 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 fuerte (xz) van a tener un coeficiente de pandeo cuyo valor es 1, debido a que son barras biarticuladas.

3.5.4 INTRODUCCIÓN DEL PANDEO LATERAL

Para reducir el fenómeno de pandeo lateral se disponen de tornapuntas cada dos correas, por lo tanto, hay una separación entre arriostramiento de 3.5 m para las alas inferiores y de 1.75 m para las alas superiores.



3.5.5 FLECHA LÍMITE

Para el cumplimiento de los Estados Límite de Servicio (ELS), es necesario limitar la flecha de las barras. Se limitan las flechas máximas en los planos de las barras sometidas a flexión, que es el plano en el que van a dominar las cargas.

Viga inferior entramado: se limita la flecha de modo absoluto en el plano xz a $L/300$.

Dinteles: La flecha se limita de modo absoluto en el plano xz a $L/300$.

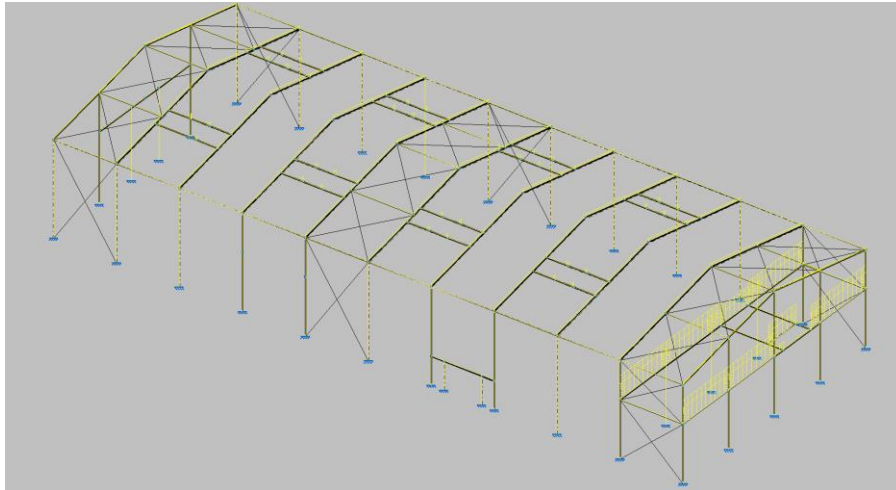
Vigas entreplanta: Se limita de modo relativo en el plano xz a $L/500$.

3.5.6 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. Una vez introducidas dichas cargas, la estructura quedará cargada de la siguiente forma:

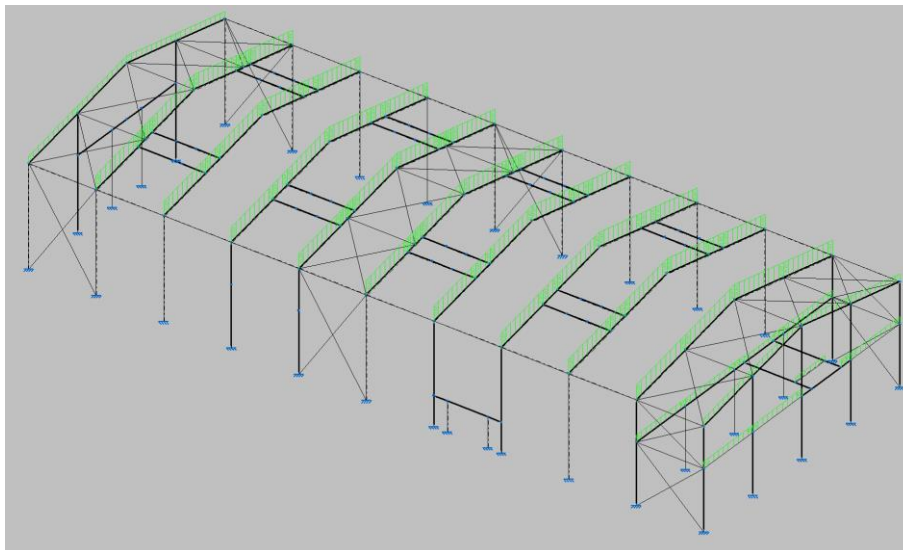
Cargas permanentes:

Se tienen en cuenta los pesos propios de todos los elementos que componen la estructura. Ha sido necesaria la creación de paños en la entreplanta para la introducción de las cargas permanentes en la misma, peso propio del forjado y peso de elementos constructivos



Sobrecarga de uso

Aplica a cubierta, entreplanta y escaleras es el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de uso. En el caso de la nave a construir la categoría de uso es la G1 (según tabla 3.1 del DB SE-AE).

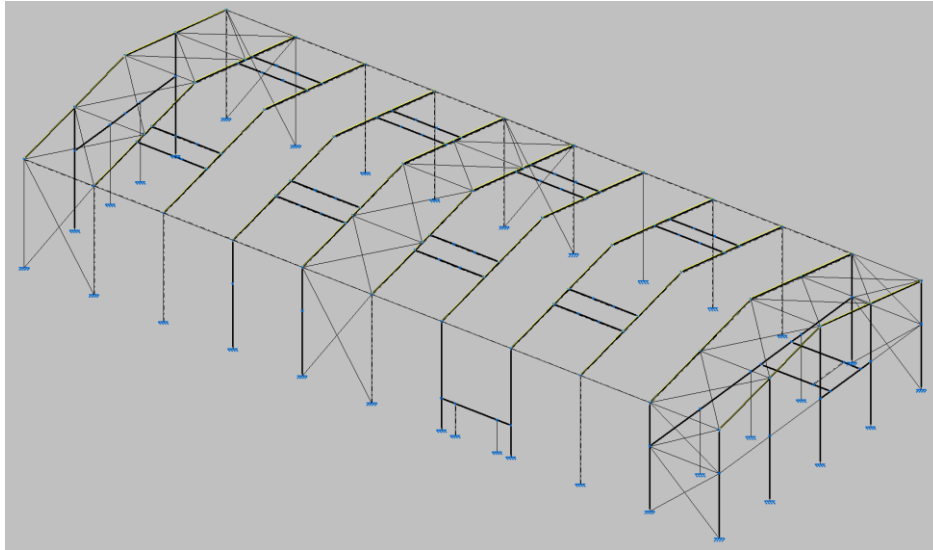


Sobrecarga de nieve

Para la sobrecarga de nieve se plantean tres hipótesis diferentes.

1. Nieve posada simétricamente. N(EI)
2. Nieve posada en la parte derecha de la cubierta. N(R)1

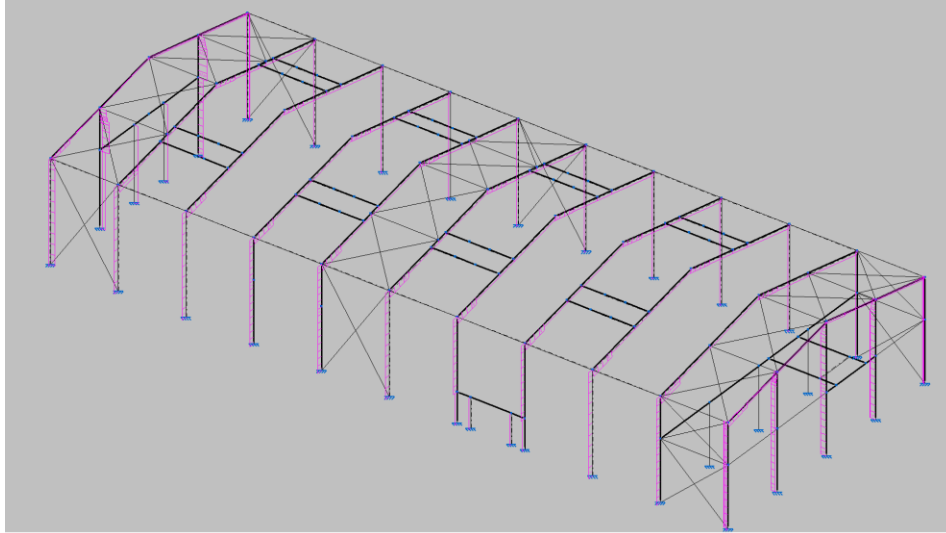
3. Nieve posada en la parte izquierda de la cubierta. N(R)2



Sobrecarga de viento

Se plantean los siguientes casos:

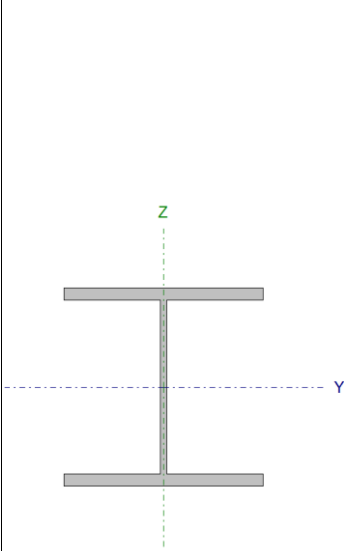
- 1 - V H1: Cubiertas aisladas
- 2 - V H2: Cubiertas aisladas
- 3 - V H3: Cubiertas aisladas
- 4 - V H4: Cubiertas aisladas
- 5 - V H5: Cubiertas aisladas
- 6 - V H6: Cubiertas aisladas
- 7 - V(0°) H1: Viento a 0°, presión exterior tipo 1 Succión interior
- 8 - V(0°) H2: Viento a 0°, presión exterior tipo 2 Succión interior
- 9 - V(90°) H1: Viento a 90°, presión exterior tipo 1 Succión interior
- 10 - V(180°) H1: Viento a 180°, presión exterior tipo 1 Succión interior
- 11 - V(180°) H2: Viento a 180°, presión exterior tipo 2 Succión interior
- 12 - V(270°) H1: Viento a 270°, presión exterior tipo 1 Succión interior



Conocidos todos los datos necesarios para poder calcular la nave, el programa realiza el estudio indicando los perfiles óptimos.

3.5.7 ESTADO LÍMITE ÚLTIMO DE LAS BARRAS (E.L.U.)

3.5.7.1 Pilares de los pórticos EHB 280

Perfil: HE 280 B Material: Acero (S275)							
Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
N71	N52	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.			
	0.58	0.70	0.00	0.00			
	L _K	1.750	2.100	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁	-		1.000				
Notación: ☐: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R 30 Factor de forma: 131.23 m-1 Temperatura máx. de la barra: 538.0 °C Pintura intumescente: 0.4 mm							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE													Estado		
	☐	☐ _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t		M _t V _z	M _t V _y
N71/N52	☐	☐ _w	x: 2.89 m ☐ = 0.4	x: 0.165 m ☐ = 1.2	x: 0.165 m ☐ = 8.6	x: 1.528 m ☐ = 3.0	☐ = 3.1	x: 2.89 m ☐ = 0.5	☐ < 0.1	☐ < 0.1	x: 0.165 m ☐ = 9.7	☐ < 0.1	☐ = 0.4	☐ = 3.1	x: 2.89 m ☐ = 0.5	CUMPLE ☐ = 9.7
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado		
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y			
N71/N52	x: 2.89 m ☐ < 0.1	x: 0.165 m ☐ = 0.6	x: 0.165 m ☐ = 7.6	x: 1.528 m ☐ = 1.5	x: 0.165 m ☐ = 2.4	x: 2.89 m ☐ = 0.2	☐ < 0.1	☐ < 0.1	x: 0.165 m ☐ = 8.3	☐ < 0.1	☐ = 0.1	x: 0.165 m ☐ = 2.4	x: 2.89 m ☐ = 0.2	CUMPLE ☐ = 8.3		
Notación: 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 _y : Resistencia a corte Z V _z : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axial combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axial y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra ☐: Coeficiente de aprovechamiento (%)																

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

La esbeltez reducida ☐☐ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

λ : 0.28 ✓

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} :** 44633.17 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

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z} :** 44633.17 kN

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

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y :** 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} :** 1.750 m

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

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i₀ :** 14.03 cm


Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z. **i_y :** 12.11 cm
i_z : 7.08 cm

y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección. **y₀ :** 0.00 mm
z₀ : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

23.24 \square 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:

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

Se debe satisfacer:

\square : 0.004 

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.890 m del nudo N71, para la combinación de acciones 0.8-PP+1.5-V(270°)H1.

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

$N_{t,Ed}$: 13.91 kN

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

$N_{t,Rd}$: 3316.29 kN

Donde:

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

A : 131.40 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 252.38 MPa

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.011} \quad \checkmark$$

$$\sigma : \underline{0.012} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.165 m del nudo N71, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{36.98} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{3316.29} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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

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

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

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

$$N_{b,Rd} : \underline{3182.59} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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

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

η : Coeficiente de reducción por pandeo.

Siendo:

α : Coeficiente de imperfección elástica.

β : Esbeltez reducida.

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

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

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

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

$$\alpha_y : 1.00$$

$$\alpha_z : 0.96$$

$$\beta_y : 0.52$$

$$\beta_z : 0.56$$

$$\alpha_y : 0.34$$

$$\alpha_z : 0.49$$

$$\beta\beta_y : 0.20$$

$$\beta\beta_z : 0.28$$

$$N_{cr} : 44633.17 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : 90565.37 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : 44633.17 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : \text{?}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\alpha : 0.086 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

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

$$M_{Ed}^+ : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.165 m del nudo N71, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

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

$$M_{Ed}^- : 33.43 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : 387.15 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : 1$$

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

$$W_{pl,y} : 1534.00 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 252.38 \text{ MPa}$$

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : 0.030 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.528 m del nudo N71, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

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

M_{Ed}^+ : 3.41 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.528 m del nudo N71, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(EI).

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

M_{Ed}^- : 5.50 kN·m

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

$M_{c,Rd}$: 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_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 252.38 MPa

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.031} \quad \checkmark$$

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

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

$$V_{Ed} : \underline{18.69} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{599.31} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{41.13} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{280.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{10.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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

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

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

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

$$18.67 \leq \underline{65.92} \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{18.67}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{máx} : \underline{65.92}$$

η : Factor de reducción.

$$\eta : \underline{0.94}$$

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : 0.005 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.890 m del nudo N71, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(EI).

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

V_{Ed} : 7.15 kN

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

$V_{c,Rd}$: 1541.34 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 105.78 cm²

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

Siendo:

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

f_y : 265.00 MPa

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

η_{Mo} : 1.05

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (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 $V_{c,Rd}$.

18.69 kN \leq 299.66 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p \acute simos se producen para la combinaci3n de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de c \acute lculo p \acute simo. V_{Ed} : 18.69 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de c \acute lculo. $V_{c,Rd}$: 599.31 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Art \acute culo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de c \acute lculo a flexi3n, ya que el esfuerzo cortante solicitante de c \acute lculo p \acute simo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de c \acute lculo a cortante $V_{c,Rd}$.

6.86 kN \leq 770.67 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de c \acute lculo p \acute simos se producen para la combinaci3n de acciones 0.8·PP+1.5·V(0 $^\circ$)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de c \acute lculo p \acute simo. V_{Ed} : 6.86 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de c \acute lculo. $V_{c,Rd}$: 1541.34 kN

Resistencia a flexi3n y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Art \acute culo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : 0.097 ✓

η : 0.095 ✓

η : 0.063 ✓

Los esfuerzos solicitantes de c \acute lculo p \acute simos se producen en un punto situado a una distancia de 0.165 m del nudo N71, para la combinaci3n de acciones 1.35·PP+1.5·V(180 $^\circ$)H3+0.75·N(R)1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.	$N_{c,Ed} : \underline{17.54}$ kN
$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	$M_{y,Ed} : \underline{33.43}$ kN·m
	$M_{z,Ed} : \underline{0.97}$ 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 : <u>1</u>
$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.	$N_{pl,Rd} : \underline{3316.29}$ 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.	$M_{pl,Rd,y} : \underline{387.15}$ kN·m
	$M_{pl,Rd,z} : \underline{181.11}$ kN·m

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

A: Área de la sección bruta.	A : <u>131.40</u> cm ²
$W_{pl,y}, W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y} : \underline{1534.00}$ cm ³
	$W_{pl,z} : \underline{717.60}$ cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : \underline{252.38}$ MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : \underline{265.00}$ MPa
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

k_y, k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

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

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

η_y, η_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_y : \underline{1.00}$$

$$\eta_z : \underline{0.96}$$

η_{py}, η_{pz} : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_{py} : \underline{0.20}$$

$$\eta_{pz} : \underline{0.28}$$

χ_y, χ_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\chi_y : \underline{0.60}$$

$$\chi_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (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 p^simos se producen para la combinaci3n de acciones
1.35·PP+1.5·Q.

18.69 kN \square 299.26 kN 

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de c^lculo p^simo.

$V_{Ed,z}$: 18.69 kN

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

$V_{c,Rd,z}$: 598.52 kN

Resistencia a torsi3n - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Art^lculo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

\square : 0.004 

El esfuerzo solicitante de c^lculo p^simo se produce para la combinaci3n de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de c^lculo p^simo.

$M_{T,Ed}$: 0.05 kN·m

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

$M_{T,Rd}$: 11.63 kN·m

Donde:

W_T : M3dulo de resistencia a torsi3n.

W_T : 79.83 cm³

f_{yd} : Resistencia de c^lculo del acero.

f_{yd} : 252.38 MPa

Siendo:

f_y : L^lmite el^lstico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)


f_y : 265.00 MPa

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

γ_{Mo} : 1.05

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Art^lculo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

\square : 0.031 

Los esfuerzos solicitantes de c^lculo p^simos se producen para la combinaci3n de acciones
1.35·PP+1.5·Q.

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

$$V_{Ed} : \underline{18.69} \text{ kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{598.52} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{599.31} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.48} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{79.83} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\tau : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.890 m del nudo N71, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \underline{7.15} \text{ kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{1539.37} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{1541.34} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.47} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$W_T : \underline{79.83} \text{ cm}^3$$
$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$
$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\sigma < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.890 m del nudo N71, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H1.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{0.59} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} : \underline{2304.57} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$$
$$f_{yd} : \underline{175.39} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{175.39} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.66}$$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

$$\sigma : \underline{0.006} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.165 m del nudo N71, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{13.63} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{2304.57} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{175.39} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{175.39} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.66}$$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

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

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

$$N_{b,Rd} : \underline{2154.34} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{131.40} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{175.39} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,R}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,R} : 175.39$ MPa

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

$k_{y,R}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,R} : 0.66$

$\gamma_{M,R}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,R} : 1.00$

η : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\eta_y : 0.98$

$\eta_z : 0.93$

Siendo:

$\eta_y : 0.53$

$\eta_z : 0.59$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : 0.49$

$\alpha_z : 0.49$

$\lambda_{R,y}$: Esbeltez reducida.

$\lambda_{R,y} : 0.23$

$\lambda_{R,z} : 0.33$

$k_{R,y}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{R,y} : 1.17$

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

$N_{cr} : 44633.17$ 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.

$N_{cr,z} : 44633.17$ kN

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

$N_{cr,T} : \square$

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.076$ ✓

Para flexión positiva:

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

$M_{Ed}^+ : 0.00$ kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.165 m del nudo N71, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

M_{Ed} : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.
El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{Ed} : \underline{20.36} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{269.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{1534.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{175.39} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\beta} : \underline{175.39} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\beta} : \underline{0.66}$$

$\gamma_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\beta} : \underline{1.00}$$

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\gamma : \underline{0.015} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.528 m del nudo N71, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{1.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.528 m del nudo N71, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{1.84} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{125.86} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$W_{pl,z}$: 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_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 175.39 MPa

Siendo:

$f_{y,B}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **$f_{y,B}$:** 175.39 MPa

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

$k_{y,B}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **$k_{y,B}$:** 0.66

$\gamma_{M,B}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. **$\gamma_{M,B}$:** 1.00

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

η : 0.024 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.165 m del nudo N71, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed} :** 10.16 kN

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

$V_{c,Rd}$: 416.48 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. **A_v :** 41.13 cm²

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} : 175.39 MPa

Siendo:

$f_{y, \beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y, \beta}$: 175.39 MPa

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

f_y : 265.00 MPa

$k_{y, \beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.


$k_{y, \beta}$: 0.66

$\gamma_{M, \beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M, \beta}$: 1.00

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:

18.67 \leq 65.92 

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 18.67

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{máx}$: 65.92

β : Factor de reducción.

β : 0.94

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

β : 0.002 

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.890 m del nudo N71, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

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

V_{Ed} : 2.38 kN

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

$V_{c,Rd}$: 1071.12 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 105.78 cm²

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} : 175.39 MPa

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,Rd}$: 175.39 MPa

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

f_y : 265.00 MPa

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,Rd}$: 0.66

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,Rd}$: 1.00

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 $V_{c,Rd}$.

10.16 kN \leq 208.24 kN



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

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

V_{Ed} : 10.16 kN

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

$V_{c,Rd}$: 416.48 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 $V_{c,Rd}$.

$$2.28 \text{ kN} \leq 535.56 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H1.

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

$$V_{Ed} : \underline{2.28} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{1071.12} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.083} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.082} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.054} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.165 m del nudo N71, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{11.82} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed} : \underline{20.36} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

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

$$N_{pl,Rd} : \underline{2304.57} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{269.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{125.86} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

A: Área de la sección bruta.	A : $\frac{131.40}{\quad}$ cm ²
$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y}$: $\frac{1534.00}{\quad}$ cm ³ $W_{pl,z}$: $\frac{717.60}{\quad}$ cm ³
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : $\frac{175.39}{\quad}$ MPa

Siendo:

$f_{y,R}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,R}$: $\frac{175.39}{\quad}$ MPa

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

$k_{y,R}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,R}$: $\frac{0.66}{\quad}$

$\gamma_{M,R}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,R}$: $\frac{1.00}{\quad}$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

k_y : $\frac{1.00}{\quad}$

k_z : $\frac{1.00}{\quad}$

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

$C_{m,y}$: $\frac{1.00}{\quad}$

$C_{m,z}$: $\frac{1.00}{\quad}$

η_y , η_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

η_y : $\frac{0.98}{\quad}$

η_z : $\frac{0.93}{\quad}$

$\eta_{P,y}$, $\eta_{P,z}$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\eta_{P,y}$: $\frac{0.23}{\quad}$

$\eta_{P,z}$: $\frac{0.33}{\quad}$

η_y , η_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

η_y : $\frac{0.60}{\quad}$

η_z : $\frac{0.60}{\quad}$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 PP+0.5·V(180°)H3.

10.16 kN η 208.22 kN



Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{10.16} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{416.45} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H1.

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{T,Rd} : \underline{8.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{79.83} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{175.39} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{175.39} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.66}$$

$\xi_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\xi_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.024} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^simos se producen en un punto situado a una distancia de 0.165 m del nudo N71, para la combinaci3n de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de c3lculo p^simo. $V_{Ed} : 10.16$ kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de c3lculo p^simo. $M_{T,Ed} : 0.00$ kN·m

El esfuerzo cortante resistente de c3lculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd} : 416.45$ kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de c3lculo. $V_{pl,Rd} : 416.48$ kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsi3n. $\tau_{T,Ed} : 0.02$ MPa

Siendo:

W_T : M3dulo de resistencia a torsi3n. $W_T : 79.83$ cm³

f_{yd} : Resistencia de c3lculo del acero. $f_{yd} : 175.39$ MPa

Siendo:

$f_{y,Rd}$: L3mite el3stico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,Rd} : 175.39$ MPa

f_y : L3mite el3stico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 265.00$ MPa

$k_{y,Rd}$: Factor de reducci3n del l3mite el3stico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,Rd} : 0.66$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,Rd} : 1.00$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situaci3n de incendio (CTE DB SE-A, Art3culo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\tau : 0.002$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de c3lculo p^simos se producen en un punto situado a una distancia de 2.890 m del nudo N71, para la combinaci3n de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de c3lculo p^simo. $V_{Ed} : 2.38$ kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de c3lculo p^simo. $M_{T,Ed} : 0.01$ kN·m

El esfuerzo cortante resistente de c3lculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{1070.60} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{1071.12} \text{ kN}$$

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

$$\alpha_{T,Ed} : \underline{0.12} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{79.83} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{175.39} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Ed}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Ed} : \underline{175.39} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,Ed}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Ed} : \underline{0.66}$$

$\alpha_{M,Ed}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\alpha_{M,Ed} : \underline{1.00}$$

3.5.7.2 Pirales de los pórticos EHB 360

Perfil: HE 360 B
Material: Acero (S275)

Perfil: HE 360 B							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N41	N42	7.500	180.60	43190.00	10140.00	292.50
	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.		
	η	0.23	0.70	1.00	0.23		
	L _K	1.750	5.250	7.500	1.750		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-		1.000				
Notación:							
η : Coeficiente de pandeo							
L _K : Longitud de pandeo (m)							
C _m : Coeficiente de momentos							
C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R 30							
Factor de forma: 108.67 m-1							
Temperatura máx. de la barra: 484.0 °C							
Pintura intumescente: 0.4 mm							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	η	η_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N41/N42	η 2.0 Cumple	η_w η_w máx Cumple	x: 6.731 m η = 1.1	x: 0 m η = 6.6	x: 6.733 m η = 85.3	x: 0 m η = 4.6	η = 13.2	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 6.733 m η = 90.9	η < 0.1	η < 0.1	x: 6.733 m η = 7.4	η < 0.1	CUMPLE η = 90.9
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO															Estado
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y			
N41/N42	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 2.4	x: 6.733 m η = 30.8	x: 0 m η = 1.8	x: 6.733 m η = 4.1	η < 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 6.733 m η = 32.3	η < 0.1	η < 0.1	x: 6.733 m η = 4.1	η < 0.1	CUMPLE η = 32.3		
Comprobaciones que no proceden (N.P.):																
⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																
Notación:																
N _t : Resistencia a tracción																
N _c : Resistencia a compresión																
M _y : Resistencia a flexión eje Y																
M _z : Resistencia a flexión eje Z																
V _z : Resistencia a corte Z																
V _y : Resistencia a corte Y																
M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados																
M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados																
NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados																
NM _y M _z V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados																
M _t : Resistencia a torsión																
M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados																
M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados																
x: Distancia al origen de la barra																
η : Coeficiente de aprovechamiento (%)																
N.P.: No procede																

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

La esbeltez reducida η de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

η : 0.64 ✓

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 : <u>1</u>
A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : <u>180.60</u> cm ²
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>265.00</u> MPa
N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.	N_{cr} : <u>11620.76</u> 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} :** 32477.58 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z} :** 68624.77 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **N_{cr,T} :** 11620.76 kN

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : <u>43190.00</u> cm ⁴
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>10140.00</u> cm ⁴
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>292.50</u> cm ⁴
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>2883000.00</u> cm ⁶
E: Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>5.250</u> m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>1.750</u> m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>7.500</u> m
i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i₀ : <u>17.18</u> cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>15.46</u> cm
	i_z : <u>7.49</u> cm
y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y₀ : <u>0.00</u> mm
	z₀ : <u>0.00</u> mm

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

Se debe satisfacer:

25.20 ≥ 181.57 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.

t_w : Espesor del alma.

A_w : Área del alma.

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

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

E : Módulo de elasticidad.

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

Siendo:

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

$$t_w : \underline{12.50} \text{ mm}$$

$$A_w : \underline{39.38} \text{ cm}^2$$

$$A_{f_c,ef} : \underline{67.50} \text{ cm}^2$$

$$k : \underline{0.30}$$

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

$$f_{yf} : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.011} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.731 m del nudo N41, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{50.67} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} : \underline{4558.00} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{180.60} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.050} \quad \checkmark$$

$$\xi : \underline{0.066} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{227.63} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{4558.00} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$A : \underline{180.60} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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

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

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

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

$$N_{b,Rd} : \underline{3465.78} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{180.60} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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

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

ξ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\xi_y : \underline{0.93}$$

$$\xi_z : \underline{0.97}$$

$$\xi_T : \underline{0.76}$$

Siendo:

$$\begin{aligned} \alpha_y &: 0.60 \\ \alpha_z &: 0.55 \\ \alpha_T &: 0.81 \end{aligned}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\begin{aligned} \alpha_y &: 0.34 \\ \alpha_z &: 0.49 \\ \alpha_T &: 0.49 \end{aligned}$$

α_{red} : Esbeltez reducida.

$$\begin{aligned} \alpha_{red,y} &: 0.38 \\ \alpha_{red,z} &: 0.26 \\ \alpha_{red,T} &: 0.64 \end{aligned}$$

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

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

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

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

$$\begin{aligned} N_{cr} &: 11620.76 \text{ kN} \\ N_{cr,y} &: 32477.58 \text{ kN} \\ N_{cr,z} &: 68624.77 \text{ kN} \\ N_{cr,T} &: 11620.76 \text{ kN} \end{aligned}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\alpha : 0.680 \quad \checkmark$$

$$\alpha : 0.853 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.733 m del nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

$$M_{Ed}^+ : 460.31 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.733 m del nudo N41, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

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

$$M_{Ed}^- : 85.89 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : 677.14 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : 1$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{2683.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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

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

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

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

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{539.82} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{670.35} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{pl,y} : \underline{2683.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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

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

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.80}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.99}$$

Siendo:

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.88}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.53}$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

β_{LT} : Esbeltez reducida.

$$\beta_{LT}^+ : \underline{0.80}$$

$$\beta_{LT}^- : \underline{0.25}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{1118.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{11811.39} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

M_{LTV} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV}^+ : \underline{940.85} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{4032.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{LTW} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW}^+ : \underline{604.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{11101.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{2399.44} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{10140.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{292.50} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.

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

G : Módulo de elasticidad transversal.

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

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{7.500} \text{ m}$$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{1.750} \text{ m}$$

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{8.27} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{8.27} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.046} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N41, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{10.47} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N41, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{11.88} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{260.46} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{1032.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\gamma : \underline{0.132} \checkmark$$

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

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

$$V_{Ed} : \underline{116.30} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{882.47} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{60.56} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{360.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{12.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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

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

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

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

$$20.88 \leq 65.92 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{20.88}$$

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

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

η : Factor de reducción.

$$\eta : \underline{0.94}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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

Se debe satisfacer:

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

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$.

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

$$V_{Ed} : \underline{1.58} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{2057.82} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{141.23} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{180.60} \text{ cm}^2$$

d: Altura del alma.	d : <u>315.00</u> mm
t _w : Espesor del alma.	t _w : <u>12.50</u> mm
f _{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f _{yd} : <u>252.38</u> MPa

Siendo:

f _y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f _y : <u>265.00</u> MPa
γ _{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ _{M0} : <u>1.05</u>

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (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}.

116.30 kN < 441.23 kN ✓

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

V _{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	V _{Ed} : <u>116.30</u> kN
V _{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V _{c,Rd} : <u>882.47</u> kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (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}.

1.58 kN < 1028.91 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} : <u>1.58</u> kN
V _{c,Rd} : Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	V _{c,Rd} : <u>2057.82</u> kN

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

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.725} \quad \checkmark$$

$$\sigma : \underline{0.909} \quad \checkmark$$

$$\sigma : \underline{0.783} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^{ésimos} se producen en un punto situado a una distancia de 6.733 m del nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo p^{ésimo}.

$$N_{c,Ed} : \underline{205.28} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed^+} : \underline{460.31} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed^+} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

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

$$N_{pl,Rd} : \underline{4558.00} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{677.14} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{260.46} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{180.60} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{2683.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{1032.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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

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

k_y , k_z , $k_{y,LT}$: Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.86}$$

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

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

η_y , η_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_y : \underline{0.93}$$

$$\eta_z : \underline{0.97}$$

η_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\eta_{LT} : \underline{0.80}$$

$\beta_{P,y}$, $\beta_{P,z}$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\beta_{P,y} : \underline{0.38}$$

$$\beta_{P,z} : \underline{0.26}$$

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

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (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·Q.

$$116.30 \text{ kN} \leq 441.23 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{116.30} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{882.47} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN·m}$$

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

$$M_{T,Rd} : \underline{18.94} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{130.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\alpha : \underline{0.074} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 6.733 m del nudo N41, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(180°)H4+0.75·N(EI).

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

$$V_{Ed} : \underline{65.11} \text{ kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{882.40} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{882.47} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.03} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{130.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\tau < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$V_{Ed} : \underline{0.45} \text{ kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{2057.59} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{2057.82} \text{ kN}$$

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

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.04} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{130.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{252.38} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

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

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

Resistencia a tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

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

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.017} \quad \checkmark$$

η : 0.024 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N41, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

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

$N_{c,Ed}$: 64.44 kN

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

$N_{c,Rd}$: 3900.13 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 : 180.60 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 215.95 MPa

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,Rd}$: 215.95 MPa

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

f_y : 265.00 MPa

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,Rd}$: 0.81

$\eta_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\eta_{M,Rd}$: 1.00

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:

$N_{b,Rd}$: 2737.37 kN

Donde:

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

A : 180.60 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 215.95 MPa

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,Rd}$: 215.95 MPa

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

f_y : 265.00 MPa

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,Rd}$: 0.81

$\gamma_{M,Ed}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,Ed} : \underline{1.00}$$

γ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\gamma_y : \underline{0.88}$$

$$\gamma_z : \underline{0.95}$$

$$\gamma_T : \underline{0.70}$$

Siendo:

$$\gamma_y : \underline{0.66}$$

$$\gamma_z : \underline{0.57}$$

$$\gamma_T : \underline{0.90}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

λ_{Ed} : Esbeltez reducida.

$$\lambda_{Ed,y} : \underline{0.44}$$

$$\lambda_{Ed,z} : \underline{0.30}$$

$$\lambda_{Ed,T} : \underline{0.74}$$

k_{Ed} : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{Ed} : \underline{1.15}$$

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

$$N_{cr} : \underline{11620.76} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{32477.58} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{68624.77} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,T} : \underline{11620.76} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.182} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.308} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.733 m del nudo N41, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{105.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

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

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{579.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{2683.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{215.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{215.95} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.81}$$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

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

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

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{342.10} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{555.36} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{pl,y} : \underline{2683.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{215.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{215.95} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.81}$$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

γ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

Siendo:

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.
 β_{LT} : Esbeltez reducida.

$k_{\beta,\beta}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

M_{LTV} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

M_{LTW} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

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

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

E : Módulo de elasticidad.

G : Módulo de elasticidad transversal.

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$\alpha_{LT}^+ : \underline{0.59}$$

$$\alpha_{LT}^- : \underline{0.96}$$

$$\alpha_{LT}^+ : \underline{1.09}$$

$$\alpha_{LT}^- : \underline{0.56}$$

$$\beta_{LT} : \underline{0.49}$$

$$\beta\beta_{LT}^+ : \underline{0.92}$$

$$\beta\beta_{LT}^- : \underline{0.28}$$

$$k_{\beta,\beta} : \underline{1.15}$$

$$M_{cr}^+ : \underline{1118.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{11811.39} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^+ : \underline{940.85} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{4032.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^+ : \underline{604.43} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{11101.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$W_{el,y} : \underline{2399.44} \text{ cm}^3$$

$$I_z : \underline{10140.00} \text{ cm}^4$$

$$I_t : \underline{292.50} \text{ cm}^4$$

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

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

$$L_c^+ : \underline{7.500} \text{ m}$$

$$L_c^- : \underline{1.750} \text{ m}$$

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$$i_{f,z}^+ : \underline{8.27} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{8.27} \text{ cm}$$

Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.018} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N41, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H1.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{3.49} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N41, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{3.96} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{222.86} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,z} : \underline{1032.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{215.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{215.95} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.81}$$

$\xi_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\xi_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.041} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 6.733 m del nudo N41, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

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

$$V_{Ed} : \underline{30.83} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{755.10} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{60.56} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{360.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{12.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{215.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\beta} : \underline{215.95} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\beta} : \underline{0.81}$$

$\gamma_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\beta} : \underline{1.00}$$

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:

$$20.88 \leq \underline{65.92} \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{20.88}$$

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

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

η : Factor de reducción.

η : 0.94

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\eta < \underline{0.001}$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5-V(270°)H2.

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

V_{Ed} : 0.53 kN

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

$V_{c,Rd}$: 1760.81 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 141.23 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 180.60 cm²

d : Altura del alma.

d : 315.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 12.50 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 215.95 MPa

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,Rd}$: 215.95 MPa

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

f_y : 265.00 MPa

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.


$k_{y,Rd}$: 0.81

$\eta_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\eta_{M,Rd}$: 1.00

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 $V_{c,Rd}$.

28.49 kN \leq 377.55 kN 

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

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


V_{Ed} : 28.49 kN

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

$V_{c,Rd}$: 755.10 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 $V_{c,Rd}$.

0.53 kN \leq 880.41 kN 

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

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


V_{Ed} : 0.53 kN


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

$V_{c,Rd}$: 1760.81 kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

η : 0.194 

η : 0.323 

η : 0.291 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 6.733 m del nudo N41, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{45.55} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed} : \underline{105.48} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.06} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

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

$$N_{pl,Rd} : \underline{3900.13} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{579.41} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{222.86} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{180.60} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{2683.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{1032.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{215.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{215.95} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{265.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.81}$$

$\eta_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\eta_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

k_y , k_z , $k_{y,LT}$: Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$$k_{y,LT} : \underline{0.90}$$

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

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

η_y, η_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_y : \underline{0.88}$$

$$\eta_z : \underline{0.95}$$

η_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\eta_{LT} : \underline{0.59}$$

η_y, η_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_y : \underline{0.44}$$

$$\eta_z : \underline{0.30}$$

η_y, η_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\eta_y : \underline{0.60}$$

$$\eta_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 PP+0.5·V(180°)H4.

$$28.49 \text{ kN} \leq 377.54 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{28.49} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{755.08} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{T,Rd} : \underline{16.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : 130.00 \text{ cm}^3$
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 215.95 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y, \beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y, \beta} : 215.95 \text{ MPa}$

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

$k_{y, \beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y, \beta} : 0.81$

$\gamma_{M, \beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M, \beta} : 1.00$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\gamma : 0.041$ ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 6.733 m del nudo N41, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 30.83 \text{ kN}$

$M_{T, Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T, Ed} : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

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

$V_{pl, T, Rd} : 755.08 \text{ kN}$

Donde:

$V_{pl, Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl, Rd} : 755.10 \text{ kN}$

$\tau_{T, Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T, Ed} : 0.01 \text{ MPa}$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : 130.00 \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 215.95 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y, \beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y, \beta} : 215.95 \text{ MPa}$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>265.00</u> MPa
$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.	$k_{y,\beta}$: <u>0.81</u>
$\gamma_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M,\beta}$: <u>1.00</u>

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\gamma < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5-V(180°)H3.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.15 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:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{1760.73} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: 1760.81 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: 0.01 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. W_T : 130.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 215.95 MPa

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,\beta}$: 215.95 MPa

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

$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,\beta}$: 0.81

$\gamma_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,\beta}$: 1.00

3.5.7.3 Pilar del pórtico EHB180

Perfil: HE 180 B							
Material: Acero (S275)							
Nudos	Inicial	Final	Longitud (m)	Características mecánicas			
				Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
N1	N2		7.500	65.30	3831.00	1363.00	42.16
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.			
φ	0.23	0.70	1.00	0.23			
L _K	1.750	5.250	7.500	1.750			
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-		1.000				
Notación: φ : Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R 30							
Factor de forma: 167.88 m ⁻¹							
Temperatura máx. de la barra: 607.0 °C							
Pintura intumescente: 0.4 mm							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	φ	φ_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N1/N2	φ 2.0 Cumple	φ_w φ_w máx Cumple	x: 7.372 m φ = 0.7	x: 0 m φ = 2.3	x: 0 m φ = 42.6	x: 0 m φ = 55.6	x: 0 m φ = 7.1	x: 0 m φ = 2.8	φ < 0.1	φ < 0.1	x: 0 m φ = 88.0	φ < 0.1	φ = 0.7	x: 0 m φ = 7.1	x: 0 m φ = 2.8	CUMPLE φ = 88.0
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO															Estado
N1/N2	x: 7.372 m φ = 0.3	x: 0 m φ = 3.6	x: 0 m φ = 45.4	x: 0 m φ = 39.0	x: 0 m φ = 4.9	x: 0 m φ = 2.0	φ < 0.1	φ < 0.1	x: 0 m φ = 74.3	φ < 0.1	φ = 0.5	x: 0 m φ = 4.9	x: 0 m φ = 2.0	CUMPLE φ = 74.3		
Notación: N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra φ : Coeficiente de aprovechamiento (%)																

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

La esbeltez reducida φ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

η : 0.79 ✓

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 : 65.30 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} : 2880.80 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} : 2880.80 kN

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

N_{cr,z} : 9224.41 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : 4727.64 kN

Donde:

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

I_y : 3831.00 cm⁴

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

I_z : 1363.00 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 42.16 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : 93750.00 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} : 7.500 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i₀ : 8.92 cm

Siendo:

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

i_y : 7.66 cm

i_z : 4.57 cm

y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y₀ : 0.00 mm

z₀ : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

$$17.88 \leq 164.04 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{152.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.50} \text{ mm}$$

A_w : Área del alma.

$$A_w : \underline{12.92} \text{ cm}^2$$

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

$$A_{f_c,ef} : \underline{25.20} \text{ cm}^2$$

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

$$k : \underline{0.30}$$

E : Módulo de elasticidad.

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

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

$$f_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

Se debe satisfacer:

$$\leq \underline{0.007} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.372 m del nudo N1, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{11.29} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} : \underline{1710.24} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

Se debe satisfacer:

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

$$\xi : \underline{0.023} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{28.20} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{1710.24} \text{ kN}$$

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.

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

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

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

$$N_{b,Rd} : \underline{1250.00} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

η : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\eta_y : 0.73$$

$$\eta_z : 0.88$$

$$\eta_T : 0.78$$

Siendo:

$$\eta_y : 0.91$$

$$\eta_z : 0.66$$

$$\eta_T : 0.79$$

η : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\eta_y : 0.34$$

$$\eta_z : 0.49$$

$$\eta_T : 0.49$$

$\eta\eta$: Esbeltez reducida.

$$\eta\eta_y : 0.79$$

$$\eta\eta_z : 0.44$$

$$\eta\eta_T : 0.62$$

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

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

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

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

$$N_{cr} : 2880.80 \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} : 2880.80 \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} : 9224.41 \text{ kN}$$

$$N_{cr,T} : 4727.64 \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.288 \quad \checkmark$$

$$\eta : 0.426 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

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

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

$$M_{Ed}^+ : 36.34 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$M_{Ed}^- : 24.22 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : 126.08 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

Clase : 1

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

$W_{pl,y}$: 481.40 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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)

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

$M_{b,Rd}^+$: 85.30 kN·m

$M_{b,Rd}^-$: 120.74 kN·m

Donde:

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

$W_{pl,y}$: 481.40 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

χ_{LT}^+ : 0.68

χ_{LT}^- : 0.96

Siendo:

χ_{LT}^+ : 1.07

χ_{LT}^- : 0.59

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

α_{LT} : 0.21

λ_{LT} : Esbeltez reducida.

$\chi_{\lambda_{LT}}^+$: 0.98

$\chi_{\lambda_{LT}}^-$: 0.38

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{136.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{910.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

M_{LTV} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV}^+ : \underline{130.96} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : \underline{561.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{LTW} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW}^+ : \underline{39.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{716.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{425.67} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{1363.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{42.16} \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidad.

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

G: Módulo de elasticidad transversal.

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

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{7.500} \text{ m}$$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{1.750} \text{ m}$$

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{4.99} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{4.99} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.556} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{26.73} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

M_{Ed} : 33.65 kN·m

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

$M_{c,Rd}$: 60.50 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.

$W_{pl,z}$: 231.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

τ : 0.071 ✓

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

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

V_{Ed} : 21.86 kN

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

$V_{c,Rd}$: 306.81 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 20.29 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección.

h : 180.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 8.50 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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:

$14.35 \leq 64.71$ ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 14.35

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

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

η : Factor de reducción.

η : 0.92

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : 0.028 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3.

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

V_{Ed} : 22.19 kN

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

$V_{c,Rd}$: 792.04 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 52.38 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. A : 65.30 cm²

d : Altura del alma. d : 152.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 8.50 mm

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

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 - Temperatura ambiente (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 $V_{c,Rd}$.

21.86 kN \leq 153.40 kN ✓

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

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 21.86 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 306.81 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (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 $V_{c,Rd}$.

22.19 kN \leq 396.02 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} : 22.19 kN

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

$V_{c,Rd}$: 792.04 kN

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

Se debe satisfacer:

η : 0.777 ✓

η : 0.662 ✓

η : 0.880 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

Donde:

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

$N_{c,Ed}$: 19.82 kN

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

$M_{y,Ed}^+$: 26.33 kN·m

$M_{z,Ed}^-$: 33.65 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.

$N_{pl,Rd}$: 1710.24 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.

$M_{pl,Rd,y}$: 126.08 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$: 60.50 kN·m

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

A: Área de la sección bruta.

A : 65.30 cm²

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

$W_{pl,y}$: 481.40 cm³

$W_{pl,z}$: 231.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

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

f_y : 275.00 MPa

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

η_{M1} : 1.05

k_y , k_z , $k_{y,L}$: Coeficientes de interacción.

k_y : 1.01

$$k_z : \underline{1.00}$$

$$k_{y,LT} : \underline{1.00}$$

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

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

η_y , η_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_y : \underline{0.73}$$

$$\eta_z : \underline{0.88}$$

η_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\eta_{LT} : \underline{0.68}$$

$\eta\eta_y$, $\eta\eta_z$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta\eta_y : \underline{0.79}$$

$$\eta\eta_z : \underline{0.44}$$

η_y , η_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\eta_y : \underline{0.60}$$

$$\eta_z : \underline{0.60}$$

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

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4$.

$$21.86 \text{ kN} \leq 153.19 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{21.86} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{306.38} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

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.

$M_{T,Ed}$: 0.03 kN·m

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

$M_{T,Rd}$: 4.55 kN·m

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 30.11 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

α : 0.071 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H4.

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

V_{Ed} : 21.86 kN

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

$M_{T,Ed}$: 0.02 kN·m

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

$V_{pl,T,Rd}$: 306.38 kN

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$: 306.81 kN

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

$\tau_{T,Ed}$: 0.53 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 30.11 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : 0.028 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones 0.8-PP+1.5·V(0°)H3.

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

V_{Ed} : 22.18 kN

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

$M_{T,Ed}$: 0.03 kN-m

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

$V_{pl,T,Rd}$: 789.83 kN

Donde:

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

$V_{pl,Rd}$: 792.04 kN

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

$\tau_{T,Ed}$: 1.05 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 30.11 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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 tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

η : 0.003 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.372 m del nudo N1, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H1.

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

$N_{t,Ed}$: 2.29 kN

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

$N_{t,Rd}$: 813.47 kN

Donde:

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

A : 65.30 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 124.57 MPa

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,Rd}$: 124.57 MPa

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

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,Rd}$: 0.45

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,Rd}$: 1.00

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

σ : 0.020 ✓

σ : 0.036 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

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

$N_{c,Ed}$: 16.38 kN

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

$N_{c,Rd}$: 813.47 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 : 65.30 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 124.57 MPa

Siendo:

f_{y,β}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

f_{y,β} : 124.57 MPa

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

f_y : 275.00 MPa

k_{y,β}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

k_{y,β} : 0.45

γ_{M,β}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M,β} : 1.00

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} : 450.31 kN

Donde:

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

A : 65.30 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 124.57 MPa

Siendo:

f_{y,β}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

f_{y,β} : 124.57 MPa

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

f_y : 275.00 MPa

k_{y,β}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

k_{y,β} : 0.45

γ_{M,β}: Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M,β} : 1.00

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

χ_y : 0.55

χ_z : 0.82

χ_T : 0.69

Siendo:

χ_y : 1.17

χ_z : 0.73

χ_T : 0.93

η: Coeficiente de imperfección elástica.

η_y : 0.49

η_z : 0.49

λ_{red} : Esbeltez reducida.

$$\lambda_{\text{T}} : \underline{0.49}$$

$$\lambda_{\text{red,y}} : \underline{0.98}$$

$$\lambda_{\text{red,z}} : \underline{0.55}$$

$$\lambda_{\text{red,T}} : \underline{0.76}$$

$$k_{\text{red}} : \underline{1.24}$$

k_{red} : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

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

$$N_{\text{cr}} : \underline{2880.80} \text{ kN}$$

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

$$N_{\text{cr,y}} : \underline{2880.80} \text{ kN}$$

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

$$N_{\text{cr,z}} : \underline{9224.41} \text{ kN}$$

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

$$N_{\text{cr,T}} : \underline{4727.64} \text{ kN}$$

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.193} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.454} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

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

$$M_{\text{Ed}}^+ : \underline{11.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H1.

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

$$M_{\text{Ed}}^- : \underline{8.39} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{\text{c,Rd}} : \underline{59.97} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{\text{pl,y}} : \underline{481.40} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{\text{yd}} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_{y,Rd}: \text{Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad f_{y,Rd} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

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

$$k_{y,Rd}: \text{Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad k_{y,Rd} : \underline{0.45}$$

$$\gamma_{M,Rd}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

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

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

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{25.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{51.49} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$W_{pl,y}: \text{Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.} \quad W_{pl,y} : \underline{481.40} \text{ cm}^3$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_{y,Rd}: \text{Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad f_{y,Rd} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

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

$$k_{y,Rd}: \text{Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad k_{y,Rd} : \underline{0.45}$$

$$\gamma_{M,Rd}: \text{Coeficiente parcial de seguridad del material.} \quad \gamma_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.43}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.86}$$

Siendo:

$$\chi_{LT}^+ : \underline{1.49}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.68}$$

$$\eta_{LT}: \text{Coeficiente de imperfección elástica.} \quad \eta_{LT} : \underline{0.49}$$

λ_{LT} : Esbeltez reducida.

$$\chi_{LT}^+ : \underline{1.22}$$

$$\eta_{LT} : 0.47$$

$k_{\eta,\theta}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{\eta,\theta} : 1.24$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : 136.65 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : 910.33 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

M_{LTV} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTV}^+ : 130.96 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTV}^- : 561.26 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{LTW} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW}^+ : 39.02 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : 716.72 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : 425.67 \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : 1363.00 \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : 42.16 \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidad.

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

G: Módulo de elasticidad transversal.

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

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : 7.500 \text{ m}$$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : 1.750 \text{ m}$$

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : 1.00$$

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : 4.99 \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : 4.99 \text{ cm}$$

Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.390 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H2.

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

$M_{Ed}^+ : 8.90$ kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

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

$M_{Ed}^- : 11.22$ kN·m

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

$M_{c,Rd} : 28.78$ 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.

$W_{pl,z} : 231.00$ cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 124.57$ MPa

Siendo:

$f_{y,fl}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,fl} : 124.57$ MPa

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

$f_y : 275.00$ MPa

$k_{y,fl}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,fl} : 0.45$

$\gamma_{M,fl}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,fl} : 1.00$

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\gamma : 0.049$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

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

$V_{Ed} : 7.17$ kN

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

$$V_{c,Rd} : \underline{145.93} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{20.29} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{180.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

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

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

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.45}$$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

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:

$$14.35 \leq 64.71$$



Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{14.35}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{máx} : \underline{64.71}$$

α : Factor de reducción.

$$\alpha : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

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

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

Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.020} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+0.5-V(0°)H3.

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

$$V_{Ed} : \underline{7.40} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{376.73} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{52.38} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{152.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{8.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

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

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

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.


$$k_{y,Rd} : \underline{0.45}$$

$\xi_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\xi_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 $V_{c,Rd}$.

7.17 kN \square 72.97 kN 

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p \acute simos se producen para la combinaci3n de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de c \acute lculo p \acute simo.


V_{Ed} : 7.17 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de c \acute lculo.

$V_{c,Rd}$: 145.93 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situaci3n de incendio (CTE DB SE-A, Articulo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de c \acute lculo a flexi3n, ya que el esfuerzo cortante solicitante de c \acute lculo p \acute simo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de c \acute lculo a cortante $V_{c,Rd}$.

7.40 kN \square 188.37 kN 

Los esfuerzos solicitantes de c \acute lculo p \acute simos se producen para la combinaci3n de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de c \acute lculo p \acute simo.


V_{Ed} : 7.40 kN


$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de c \acute lculo.


$V_{c,Rd}$: 376.73 kN

Resistencia a flexi3n y axil combinados - Situaci3n de incendio (CTE DB SE-A, Articulo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

\square : 0.547 

\square : 0.603 

\square : 0.743 

Los esfuerzos solicitantes de c \acute lculo p \acute simos se producen en el nudo N1, para la combinaci3n de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{13.96} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed} : \underline{8.37} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{11.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

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

$$N_{pl,Rd} : \underline{813.47} \text{ kN}$$

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

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{59.97} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{28.78} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

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

$$W_{pl,y} : \underline{481.40} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{231.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,pl}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,pl} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

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

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

$k_{y,pl}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,pl} : \underline{0.45}$$

$\gamma_{M,pl}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,pl} : \underline{1.00}$$

k_y , k_z , $k_{y,LT}$: Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.02}$$

$$k_z : \underline{1.01}$$

$$k_{y,LT} : \underline{1.00}$$

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

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

η_y , η_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_y : \underline{0.55}$$

$$\eta_z : \underline{0.82}$$

η_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\eta_{LT} : \underline{0.43}$$

η_{η_y} , η_{η_z} : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z,

$$\eta_{\eta_y} : \underline{0.98}$$

respectivamente.

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

$$\alpha_x : 0.55$$
$$\alpha_y : 0.60$$
$$\alpha_z : 0.60$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 PP+0.5·V(0°)H4.

$$7.17 \text{ kN} \leq 72.91 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

$$V_{Ed,z} : 7.17 \text{ kN}$$
$$V_{c,Rd,z} : 145.82 \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\alpha : 0.005 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H1.

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

$$M_{T,Ed} : 0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{T,Rd} : 2.17 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$W_T : 30.11 \text{ cm}^3$$
$$f_{yd} : 124.57 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : 124.57 \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
$k_{y,\theta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.	$k_{y,\theta}$: <u>0.45</u>
$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M,\theta}$: <u>1.00</u>

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\gamma : \underline{0.049} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 7.17 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:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{145.82} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd}$: 145.93 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed}$: 0.14 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. W_T : 30.11 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 124.57 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,\theta}$: 124.57 MPa

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

$k_{y,\theta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,\theta}$: 0.45

$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,\theta}$: 1.00

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.020} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

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

$$V_{Ed} : \underline{7.40} \text{ kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{376.07} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{376.73} \text{ kN}$$

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

$$\xi_{T,Ed} : \underline{0.32} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{30.11} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

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

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

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.45}$$

$\xi_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\xi_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

3.5.7.4 Dintel IPE 270

Barra N1/N2

Perfil: HE 180 B
Material: Acero (S275)

Perfil: HE 180 B							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N1	N2	7.500	65.30	3831.00	1363.00	42.16
	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.		
	η	0.23	0.70	1.00	0.23		
	L _K	1.750	5.250	7.500	1.750		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-		1.000				
Notación:							
η : Coeficiente de pandeo							
L _K : Longitud de pandeo (m)							
C _m : Coeficiente de momentos							
C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R 30							
Factor de forma: 167.88 m ⁻¹							
Temperatura máx. de la barra: 607.0 °C							
Pintura intumescente: 0.4 mm							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	η	η_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N1/N2	η 2.0 Cumple	η_w η_w máx Cumple	x: 7.372 m η = 0.7	x: 0 m η = 2.3	x: 0 m η = 42.6	x: 0 m η = 55.6	x: 0 m η = 7.1	x: 0 m η = 2.8	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 88.0	η < 0.1	η = 0.7	x: 0 m η = 7.1	x: 0 m η = 2.8	CUMPLE η = 88.0
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO															Estado
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y			
N1/N2	x: 7.372 m η = 0.3	x: 0 m η = 3.6	x: 0 m η = 45.4	x: 0 m η = 39.0	x: 0 m η = 4.9	x: 0 m η = 2.0	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 74.3	η < 0.1	η = 0.5	x: 0 m η = 4.9	x: 0 m η = 2.0	CUMPLE η = 74.3		
Notación:																
N _t : Resistencia a tracción																
N _c : Resistencia a compresión																
M _y : Resistencia a flexión eje Y																
M _z : Resistencia a flexión eje Z																
V _z : Resistencia a corte Z																
V _y : Resistencia a corte Y																
M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados																
M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados																
NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados																
NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados																
M _t : Resistencia a torsión																
M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados																
M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados																
x: Distancia al origen de la barra																
η : Coeficiente de aprovechamiento (%)																

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

La esbeltez reducida η de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

η : 0.79 ✓

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 : 65.30 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} : 2880.80 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} : 2880.80 kN

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

N_{cr,z} : 9224.41 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : 4727.64 kN

Donde:

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

I_y : 3831.00 cm⁴

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

I_z : 1363.00 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 42.16 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : 93750.00 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} : 7.500 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i₀ : 8.92 cm

Siendo:

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

i_y : 7.66 cm

i_z : 4.57 cm

y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y₀ : 0.00 mm

z₀ : 0.00 mm

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

Se debe satisfacer:

17.88 164.04

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>152.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>8.50</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>12.92</u> cm ²
$A_{f_c,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{f_c,ef}$: <u>25.20</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa
Siendo:	

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

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.372 m del nudo N1, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

$$N_{t,Ed}: \text{Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{t,Ed} : \underline{11.29} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} : \underline{1710.24} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.	A : <u>65.30</u> cm ²
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>261.90</u> MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M0} : <u>1.05</u>

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

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.023} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{28.20} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{1710.24} \text{ kN}$$

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.

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

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

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

$$N_{b,Rd} : \underline{1250.00} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

η : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\eta_y : \underline{0.73}$$

$$\eta_z : \underline{0.88}$$

$$\eta_T : \underline{0.78}$$

Siendo:

$$\eta_y : \underline{0.91}$$

	α_z :	<u>0.66</u>
	α_T :	<u>0.79</u>
α : Coeficiente de imperfección elástica.	α_y :	<u>0.34</u>
	α_z :	<u>0.49</u>
	α_T :	<u>0.49</u>
α_{red} : Esbeltez reducida.	$\alpha_{red,y}$:	<u>0.79</u>
	$\alpha_{red,z}$:	<u>0.44</u>
	$\alpha_{red,T}$:	<u>0.62</u>
N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	N_{cr} :	<u>2880.80</u> kN
$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr,y}$:	<u>2880.80</u> kN
$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr,z}$:	<u>9224.41</u> kN
$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$N_{cr,T}$:	<u>4727.64</u> kN

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

Se debe satisfacer:

$$\alpha : \underline{0.288} \quad \checkmark$$

$$\alpha : \underline{0.426} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

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

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{36.34} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)1$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{24.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{126.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

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

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

$$W_{pl,y} : \underline{481.40} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

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

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

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{85.30} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{120.74} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{pl,y} : \underline{481.40} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

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

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

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.68}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.96}$$

Siendo:

$$\chi_{LT}^+ : \underline{1.07}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.59}$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.21}$$

η_{LT} : Esbeltez reducida.

$$\eta_{LT}^+ : \underline{0.98}$$

$$\eta_{LT}^- : \underline{0.38}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{136.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{910.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

M_{LTv} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv}^+ : \underline{130.96} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTv}^- : \underline{561.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{LTW} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW}^+ : \underline{39.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{716.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{425.67} \text{ cm}^3$$

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

$$I_z : \underline{1363.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{42.16} \text{ cm}^4$$

E : Módulo de elasticidad.

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

G : Módulo de elasticidad transversal.

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

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{7.500} \text{ m}$$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{1.750} \text{ m}$$

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{4.99} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{4.99} \text{ cm}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.556} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2$.

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

$$M_{Ed}^+ : \underline{26.73} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

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

$$M_{Ed}^- : \underline{33.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} : \underline{60.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

Clase : 1

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

$W_{pl,z}$: 231.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

α : 0.071 ✓

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.

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

V_{Ed} : 21.86 kN

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

$V_{c,Rd}$: 306.81 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 20.29 cm²

Siendo:

h: Canto de la sección.

h : 180.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 8.50 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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:

$$14.35 \leq 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{14.35}$$

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

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

η : Factor de reducción.

$$\eta : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

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

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

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.028} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3.

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

$$V_{Ed} : \underline{22.19} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} : \underline{792.04} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{52.38} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

d: Altura del alma.	<u>d</u> : 152.00 mm
t _w : Espesor del alma.	<u>t_w</u> : 8.50 mm
f _{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	<u>f_{yd}</u> : 261.90 MPa

Siendo:

f _y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	<u>f_y</u> : 275.00 MPa
γ _{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	<u>γ_{M0}</u> : 1.05

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (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}.

21.86 kN < 153.40 kN



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

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 21.86 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. V_{c,Rd} : 306.81 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (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}.

22.19 kN < 396.02 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} : 22.19 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. V_{c,Rd} : 792.04 kN

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

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.777} \quad \checkmark$$

$$\sigma : \underline{0.662} \quad \checkmark$$

$$\sigma : \underline{0.880} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p \acute{e} simos se producen en el nudo N1, para la combinaci3n de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresi3n solicitante de c3lculo p \acute{e} simo.

$$N_{c,Ed} : \underline{19.82} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de c3lculo p \acute{e} simos, seg \acute{u} n los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed^+} : \underline{26.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed^-} : \underline{33.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la secci3n, seg \acute{u} n la capacidad de deformaci3n y de desarrollo de la resistencia pl3stica de sus elementos planos, para axil y flexi3n simple.

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

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresi3n de la secci3n bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{1710.24} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexi3n de la secci3n bruta en condiciones pl3sticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{126.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{60.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Art3culo 6.3.4.2)

A: 3rea de la secci3n bruta.

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: M3dulos resistentes pl3sticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{481.40} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{231.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de c3lculo del acero.

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

Siendo:

f_y : L3mite el3stico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

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

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

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

k_y , k_z , $k_{y,LT}$: Coeficientes de interacci3n.

$$k_y : \underline{1.01}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$$k_{y,LT} : \underline{1.00}$$

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

$$\begin{aligned} C_{m,y} &: \underline{1.00} \\ C_{m,z} &: \underline{1.00} \\ C_{m,LT} &: \underline{1.00} \end{aligned}$$

η_y , η_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\begin{aligned} \eta_y &: \underline{0.73} \\ \eta_z &: \underline{0.88} \end{aligned}$$

η_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\eta_{LT} : \underline{0.68}$$

η_{Py} , η_{Pz} : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\begin{aligned} \eta_{Py} &: \underline{0.79} \\ \eta_{Pz} &: \underline{0.44} \end{aligned}$$

η_y , η_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\begin{aligned} \eta_y &: \underline{0.60} \\ \eta_z &: \underline{0.60} \end{aligned}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (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.

$$21.86 \text{ kN} \leq 153.19 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

$$V_{Ed,z} : \underline{21.86} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd,z} : \underline{306.38} \text{ kN}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.007} \quad \checkmark$$

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.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{T,Rd} : \underline{4.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_T : \underline{30.11} \text{ cm}^3$$
$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$
$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\gamma : \underline{0.071} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones 0.8-PP+1.5-V(0°)H4.

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

$$V_{Ed} : \underline{21.86} \text{ kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{306.38} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.
 $\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$V_{pl,Rd} : \underline{306.81} \text{ kN}$$
$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.53} \text{ MPa}$$

Siendo:

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

$$W_T : \underline{30.11} \text{ cm}^3$$
$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$
$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

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

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.028} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H3.

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

$$V_{Ed} : \underline{22.18} \text{ kN}$$

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

$$M_{T,Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{789.83} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$V_{pl,Rd} : \underline{792.04} \text{ kN}$$

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

$$\xi_{T,Ed} : \underline{1.05} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{30.11} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Siendo:

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

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

ξ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\xi_{MO} : \underline{1.05}$$

Resistencia a tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 7.372 m del nudo N1, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H1.

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

$$N_{t,Ed} : \underline{2.29} \text{ kN}$$

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

$$N_{t,Rd} : \underline{813.47} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

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

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

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.45}$$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

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

$$\eta : \underline{0.036} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{16.38} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} : \underline{813.47} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$A : \underline{65.30} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,\beta} : 124.57$ MPa

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

$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,\beta} : 0.45$

$\gamma_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,\beta} : 1.00$

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:

$N_{b,Rd} : 450.31$ kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. $A : 65.30$ cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 124.57$ MPa

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,\beta} : 124.57$ MPa

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

$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,\beta} : 0.45$

$\gamma_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,\beta} : 1.00$

η : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\eta_y : 0.55$

$\eta_z : 0.82$

$\eta_T : 0.69$

Siendo:

$\eta_y : 1.17$

$\eta_z : 0.73$

$\eta_T : 0.93$

α : Coeficiente de imperfección elástica. $\alpha_y : 0.49$

$\alpha_z : 0.49$

$\alpha_T : 0.49$

λ_{rel} : Esbeltez reducida.

$\lambda_{rel,y} : 0.98$

$\lambda_{rel,z} : 0.55$

$\lambda_{rel,T} : 0.76$

$k_{\theta, \theta}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.	$k_{\theta, \theta}$: <u>1.24</u>
N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	N_{cr} : <u>2880.80</u> kN
$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr,y}$: <u>2880.80</u> kN
$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr,z}$: <u>9224.41</u> kN
$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$N_{cr,T}$: <u>4727.64</u> kN

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

η : 0.193 ✓

η : 0.454 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

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

M_{Ed}^+ : 11.57 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H1.

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

M_{Ed}^- : 8.39 kN·m

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

$M_{c,Rd}$: 59.97 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.

$W_{pl,y}$: 481.40 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 124.57 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$: 124.57 MPa

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

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.45}$$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

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

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

$$M_{b,Rd}^+ : \underline{25.51} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{b,Rd}^- : \underline{51.49} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$W_{pl,y} : \underline{481.40} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

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

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.45}$$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

χ_{LT} : Factor de reducción por pandeo lateral.

$$\chi_{LT}^+ : \underline{0.43}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.86}$$

Siendo:

$$\chi_{LT}^+ : \underline{1.49}$$

$$\chi_{LT}^- : \underline{0.68}$$

α_{LT} : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.49}$$

β_{LT} : Esbeltez reducida.

$$\beta_{LT}^+ : \underline{1.22}$$

$$\beta_{LT}^- : \underline{0.47}$$

$k_{\beta,Rd}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{\beta,Rd} : \underline{1.24}$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr}^+ : \underline{136.65} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{cr}^- : \underline{910.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral M_{cr} se determina según la teoría de la elasticidad:

Siendo:

M_{LTv} : Componente que representa la resistencia por torsión uniforme de la barra.

$$M_{LTv}^+ : \underline{130.96} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTv}^- : \underline{561.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

M_{LTW} : Componente que representa la resistencia por torsión no uniforme de la barra.

$$M_{LTW}^+ : \underline{39.02} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{LTW}^- : \underline{716.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico de la sección bruta, obtenido para la fibra más comprimida.

$$W_{el,y} : \underline{425.67} \text{ cm}^3$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : \underline{1363.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{42.16} \text{ cm}^4$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : \underline{81000} \text{ MPa}$$

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : \underline{7.500} \text{ m}$$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : \underline{1.750} \text{ m}$$

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : \underline{1.00}$$

$i_{f,z}$: Radio de giro, respecto al eje de menor inercia de la sección, del soporte formado por el ala comprimida y la tercera parte de la zona comprimida del alma adyacente al ala comprimida.

$$i_{f,z}^+ : \underline{4.99} \text{ cm}$$

$$i_{f,z}^- : \underline{4.99} \text{ cm}$$

Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.390} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{8.90} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

M_{Ed} : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.
El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{Ed} : \underline{11.22} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{28.78} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{231.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,B}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,B} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,B}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,B} : \underline{0.45}$$

$\gamma_{M,B}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,B} : \underline{1.00}$$

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\gamma : \underline{0.049} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+0.5-V(0°)H4.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.17} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{145.93} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{20.29} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h: Canto de la sección. **h** : 180.00 mm
t_w: Espesor del alma. **t_w** : 8.50 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 124.57 MPa

Siendo:

f_{y,θ}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f_{y,θ}** : 124.57 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.00 MPa

k_{y,θ}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k_{y,θ}** : 0.45

γ_{M,θ}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M,θ}** : 1.00

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:

14.35 **64.71** ✓

Donde:

γ_w: Esbeltez del alma. **γ_w** : 14.35

γ_{máx}: Esbeltez máxima. **γ_{máx}** : 64.71

γ: Factor de reducción. **γ** : 0.92

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

γ : 0.020 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 7.40$ kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd} : 376.73$ kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. $A_v : 52.38$ cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta. $A : 65.30$ cm²

d : Altura del alma. $d : 152.00$ mm

t_w : Espesor del alma. $t_w : 8.50$ mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 124.57$ MPa

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,Rd} : 124.57$ MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 275.00$ MPa

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,Rd} : 0.45$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,Rd} : 1.00$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 $V_{c,Rd}$.

7.17 kN \leq 72.97 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.


V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 7.17$ kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 145.93 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 $V_{c,Rd}$.

7.40 kN 188.37 kN 

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.


V_{Ed} : 7.40 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.


$V_{c,Rd}$: 376.73 kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

: 0.547 

: 0.603 

: 0.743 

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 13.96 kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}$: 8.37 kN·m

$M_{z,Ed}$: 11.22 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.

$$N_{pl,Rd} : \underline{813.47 \text{ kN}}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{59.97 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{28.78 \text{ kN}\cdot\text{m}}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{65.30 \text{ cm}^2}$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{481.40 \text{ cm}^3}$$

$$W_{pl,z} : \underline{231.00 \text{ cm}^3}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{124.57 \text{ MPa}}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{124.57 \text{ MPa}}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00 \text{ MPa}}$$

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.45}$$

$\alpha_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\alpha_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

k_y , k_z , $k_{y,LT}$: Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.02}$$

$$k_z : \underline{1.01}$$

$$k_{y,LT} : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$, $C_{m,LT}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,LT} : \underline{1.00}$$

α_y , α_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\alpha_y : \underline{0.55}$$

$$\alpha_z : \underline{0.82}$$

α_{LT} : Coeficiente de reducción por pandeo lateral.

$$\alpha_{LT} : \underline{0.43}$$

α_{α_y} , α_{α_z} : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\alpha_{\alpha_y} : \underline{0.98}$$

$$\alpha_{\alpha_z} : \underline{0.55}$$

α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 PP+0.5·V(0°)H4.

$$7.17 \text{ kN} \leq 72.91 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : 7.17 \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : 72.91 \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\tau : 0.005 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : 0.01 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : 2.17 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : 30.11 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 124.57 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,B}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,B} : 124.57 \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$k_{y,B}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,B} : 0.45$$

$\gamma_{M,B}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,B} : 1.00$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.049} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.17} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN-m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{145.82} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{145.93} \text{ kN}$$

$\xi_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\xi_{T,Ed} : \underline{0.14} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{30.11} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,fl}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,fl} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,fl}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,fl} : \underline{0.45}$$

$\xi_{M,fl}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\xi_{M,fl} : \underline{1.00}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.020} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N1, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.40} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{376.07} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{376.73} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.32} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{30.11} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\beta} : \underline{124.57} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

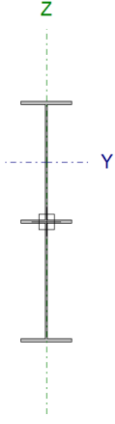
$$k_{y,\beta} : \underline{0.45}$$

$\gamma_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\beta} : \underline{1.00}$$

3.5.7.5 Dintel IPE 4507

Barra N106/N10

Perfil: IPE 450, Simple con cartelas (Cartela inicial inferior: 1.53 m. Cartela final inferior: 2.04 m.) Material: Acero (S275)									
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas ⁽¹⁾					
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽²⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽³⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽⁴⁾ (mm)	z _g ⁽⁴⁾ (mm)
	N106	N10	4.349	166.10	157699.95	2513.42	98.26	0.00	217.70
<p>Notas:</p> <p>⁽¹⁾ Las características mecánicas y el dibujo mostrados corresponden a la sección inicial del perfil (N106)</p> <p>⁽²⁾ Inercia respecto al eje indicado</p> <p>⁽³⁾ Momento de inercia a torsión uniforme</p> <p>⁽⁴⁾ Coordenadas del centro de gravedad</p>									
	Pandeo			Pandeo lateral					
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
	ϕ		0.34	1.00	0.00	0.00			
	L _K		1.500	4.349	0.000	0.000			
	C _m		1.000	1.000	1.000	1.000			
	C ₁		-	-	1.000				
<p>Notación:</p> <p>ϕ: Coeficiente de pandeo</p> <p>L_K: Longitud de pandeo (m)</p> <p>C_m: Coeficiente de momentos</p> <p>C₁: Factor de modificación para el momento crítico</p>									
Situación de incendio									
Resistencia requerida: R 30 Factor de forma: 172.46 m ⁻¹ Temperatura máx. de la barra: 317.0 °C Pintura intumescente: 1.2 mm									

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	ϕ _N	ϕ _M	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N106/N10	x: 4.349 m ϕ = 2.0 Cumple	x: 3.725 m ϕ _w ϕ _{w,max} Cumple	x: 2.352 m ϕ = 2.2	x: 0 m ϕ = 5.8	x: 2.352 m ϕ = 55.1	x: 0 m ϕ = 2.2	x: 0 m ϕ = 7.5	x: 0 m ϕ = 0.1	ϕ < 0.1	ϕ < 0.1	x: 2.352 m ϕ = 60.1	ϕ < 0.1	x: 2.352 m ϕ = 3.7	x: 0 m ϕ = 7.5	x: 2.352 m ϕ = 0.1	CUMPLE ϕ = 60.1
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO															Estado
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y			
N106/N10	x: 2.352 m ϕ = 0.2	x: 0 m ϕ = 2.2	x: 2.352 m ϕ = 14.7	x: 0 m ϕ = 0.9	x: 0 m ϕ = 1.7	x: 0 m ϕ < 0.1	ϕ < 0.1	ϕ < 0.1	x: 2.352 m ϕ = 16.5	ϕ < 0.1	x: 2.352 m ϕ = 2.0	x: 0 m ϕ = 1.7	x: 0 m ϕ < 0.1	CUMPLE ϕ = 16.5		

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
Notación: N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%)														

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\eta\lambda$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$\eta\lambda$: 0.43 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 4

A_{ef}: Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4. **A_{ef} :** 155.74 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} :** 23152.54 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} :** 171396.39 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z. **N_{cr,z} :** 23152.54 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión. **N_{cr,T} :** ?

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y. **I_y :** 156410.29 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z. **I_z :** 2513.40 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme. **I_t :** 98.18 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección. **I_w :** 3152825.40 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} :** 4.349 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

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión. **i₀ :** 30.96 cm

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	<u>30.71</u>	cm
	i_z :	<u>3.89</u>	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 :	<u>0.00</u>	mm
	z_0 :	<u>0.00</u>	mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

77.10 \geq 359.01 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w :	<u>724.72</u>	mm
t_w : Espesor del alma.	t_w :	<u>9.40</u>	mm
A_w : Área del alma.	A_w :	<u>68.12</u>	cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	<u>27.74</u>	cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k :	<u>0.30</u>	
E : Módulo de elasticidad.	E :	<u>210000</u>	MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	<u>275.00</u>	MPa

Siendo:

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

σ : 0.022 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.352 m del nudo N106, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(90°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$: 58.01 kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{2587.62} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{98.80} \text{ cm}^2$$
$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$
$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\gamma : \underline{0.053} \quad \checkmark$$

$$\gamma : \underline{0.058} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N106, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.5-Q.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{130.46} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{2453.21} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{4}$$

A_{ef} : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$A_{ef} : \underline{93.67} \text{ cm}^2$$
$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)
 γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$
$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{2263.58} \text{ kN}$$

Donde:

A_{ef} : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{93.67} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

α_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\alpha_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.99}$$

$$\chi_z : \underline{0.92}$$

Siendo:

$$\chi_y : \underline{0.54}$$

$$\chi_z : \underline{0.62}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$$\alpha_z : \underline{0.34}$$

λ_{rel} : Esbeltez reducida.

$$\lambda_{rel,y} : \underline{0.26}$$

$$\lambda_{rel,z} : \underline{0.41}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{15438.69} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{36972.72} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{15438.69} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{?}$$

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.551} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.352 m del nudo N106, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{245.80} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.352 m del nudo N106, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H1.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 52.87 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 445.76 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

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$: 1702.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{Mo} : 1.05

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : 0.022 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N106, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 1.61 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N106, 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}^- : 1.63 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 72.29 kN·m

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la

Clase : 1

resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{276.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\gamma : \underline{0.075} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N106, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{57.58} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{768.52} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{50.82} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{450.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.40} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$40.30 \leq 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{40.30}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

η : Factor de reducción.

$$\eta : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N106, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.5-V(90°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.56} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{895.85} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{59.24} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{98.80} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{420.80} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.40} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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 - Temperatura ambiente (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 $V_{c,Rd}$.

57.58 kN \leq 384.26 kN



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 57.58 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 768.52 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (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 $V_{c,Rd}$.

0.56 kN \leq 447.92 kN



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.56 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 895.85 kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.598} \quad \checkmark$$

$$\sigma : \underline{0.601} \quad \checkmark$$

$$\sigma : \underline{0.383} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.352 m del nudo N106, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.5-Q.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{120.51} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{245.80} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{2587.62} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{445.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{72.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{98.80} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{1702.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{276.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.01}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

α_y, α_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\alpha_y : \underline{0.98}$$
$$\alpha_z : \underline{0.92}$$

β_y, β_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\beta_y : \underline{0.27}$$
$$\beta_z : \underline{0.42}$$

η_y, η_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\eta_y : \underline{0.60}$$
$$\eta_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (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·Q.

$$57.58 \text{ kN} \leq 384.07 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{57.58} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{384.07} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\alpha : \underline{0.037} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.352 m del nudo N106, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{6.93} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{45.82} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

α : 0.075 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N106, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 57.58 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:

$V_{pl,T,Rd}$: 768.14 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 768.52 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 0.18 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 45.82 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

α : 0.001 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.352 m del nudo N106, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.56} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.26} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{882.55} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{895.85} \text{ kN}$$

$\alpha_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\alpha_{T,Ed} : \underline{5.57} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{45.82} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

α_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\alpha_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\alpha : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.352 m del nudo N106, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{4.84} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{2060.01} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{98.80} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{208.50} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,Rd}$: 208.50 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,Rd}$: 0.76

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,Rd}$: 1.00

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

σ : 0.019 ✓

σ : 0.022 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N106, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 37.49 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$N_{c,Rd}$: 1953.01 kN

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 4

A_{ef} : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

A_{ef} : 93.67 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 208.50 MPa

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,Rd}$: 208.50 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura $k_{y,Rd}$: 0.76

que alcanza el perfil.

$\gamma_{M,Ed}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,Ed} : \underline{1.00}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{1743.71} \text{ kN}$$

Donde:

A_{ef} : Área de la sección eficaz para las secciones de clase 4.

$$A_{ef} : \underline{93.67} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{208.50} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Ed}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Ed} : \underline{208.50} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,Ed}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Ed} : \underline{0.76}$$

$\gamma_{M,Ed}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,Ed} : \underline{1.00}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.97}$$

$$\chi_z : \underline{0.89}$$

Siendo:

$$\chi_y : \underline{0.55}$$

$$\chi_z : \underline{0.63}$$

η : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\eta_y : \underline{0.49}$$

$$\eta_z : \underline{0.49}$$

λ_{red} : Esbeltez reducida.

$$\lambda_{red,y} : \underline{0.26}$$

$$\lambda_{red,z} : \underline{0.41}$$

$k_{\lambda,Ed}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{\lambda,Ed} : \underline{1.00}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{15438.69} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{36972.72} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{15438.69} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\chi}$$

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.147} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.352 m del nudo N106, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{52.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{354.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{1702.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{208.50} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\beta} : \underline{208.50} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\beta} : \underline{0.76}$$

$\eta_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\eta_{M,\beta} : \underline{1.00}$$

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.009} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N106, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.54 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N106, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.53 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 57.55 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.

$W_{pl,z}$: 276.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 208.50 MPa

Siendo:

$f_{y,fl}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,fl}$: 208.50 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,fl}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,fl}$: 0.76

$\gamma_{M,fl}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,fl}$: 1.00

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

γ : 0.017 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N106, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 10.53 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{611.82} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{50.82} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{450.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.40} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{208.50} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\beta} : \underline{208.50} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\beta} : \underline{0.76}$$

$\gamma_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\beta} : \underline{1.00}$$

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:

$$40.30 \leq 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{40.30}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

α : Factor de reducción.

$$\alpha : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\tau < 0.001 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N106, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 0.20 \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : 713.19 \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : 59.24 \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : 98.80 \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : 420.80 \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : 9.40 \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 208.50 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : 208.50 \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.


$$k_{y,Rd} : 0.76$$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,Rd} : 1.00$$

Resistencia a momento flexor Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 $V_{c,Rd}$.

10.53 kN \square 305.91 kN 


Los esfuerzos solicitantes de cálculo p \acute simos se producen para la combinaci3n de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de c3lculo p \acute simo. V_{Ed} : 10.53 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de c3lculo. $V_{c,Rd}$: 611.82 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situaci3n de incendio (CTE DB SE-A, Art3culo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de c3lculo a flexi3n, ya que el esfuerzo cortante solicitante de c3lculo p \acute simo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de c3lculo a cortante $V_{c,Rd}$.

0.20 kN \square 356.59 kN 


Los esfuerzos solicitantes de c3lculo p \acute simos se producen para la combinaci3n de acciones PP+0.5·V(90°)H2.


V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de c3lculo p \acute simo. V_{Ed} : 0.20 kN


$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de c3lculo. $V_{c,Rd}$: 713.19 kN

Resistencia a flexi3n y axil combinados - Situaci3n de incendio (CTE DB SE-A, Art3culo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

\square : 0.165 

\square : 0.165 

\square : 0.108 

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.352 m del nudo N106, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{34.67} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : \underline{52.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^- : \underline{0.08} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{2060.01} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{354.87} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{57.55} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{98.80} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{1702.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{276.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{208.50} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{208.50} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.76}$$

$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.00}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

η_y , η_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_y : \underline{0.96}$$

$$\eta_z : \underline{0.89}$$

η_{η_y} , η_{η_z} : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_{\eta_y} : \underline{0.27}$$

$$\eta_{\eta_z} : \underline{0.42}$$

η_y , η_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\eta_y : \underline{0.60}$$

$$\eta_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 PP+0.5·V(180°)H4.

$$10.53 \text{ kN} \leq 305.40 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{10.53} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{610.80} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\leq 0.020 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.352 m del nudo N106, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H2.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.11} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{5.52} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{45.82} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{208.50} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{208.50} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que

$$k_{y,Rd} : \underline{0.76}$$

alcanza el perfil.

$\gamma_{M,B}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,B}$: 1.00

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

γ : 0.017 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N106, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 10.53 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.02 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: 610.80 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 611.82 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 0.50 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 45.82 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 208.50 MPa

Siendo:

$f_{y,B}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,B}$: 208.50 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,B}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,B}$: 0.76

$\gamma_{M,B}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,B}$: 1.00

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\tau < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N106, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.20} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.09} \text{ kN-m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{708.38} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{713.19} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{2.02} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{45.82} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{208.50} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\beta} : \underline{208.50} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\beta} : \underline{0.76}$$

$\gamma_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\beta} : \underline{1.00}$$

3.5.7.6 Viga contraviento

Barra N61/N75

Perfil: HE 120 B
Material: Acero (S275)

Perfil: HE 120 B							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N61	N75	5.000	34.00	864.40	317.50	13.84
	Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme						
	Pandeo		Pandeo lateral				
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.			
	☐	1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K	5.000	5.000	0.000	0.000		
	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁	-		1.000			
Notación: ☐: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R 30 Factor de forma: 215.75 m ⁻¹ Temperatura máx. de la barra: 671.0 °C Pintura intumescente: 0.4 mm							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE														Estado	
	☐	☐ _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N61/N75	☐ 2.0 Cumple	x: 0.313 m ☐ _w ☐ _w máx Cumple	☐ = 0.2	☐ = 13.1	x: 2.5 m ☐ = 2.6	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m ☐ = 0.5	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.313 m ☐ < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 2.5 m ☐ = 14.6	x: 0.313 m ☐ < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE ☐ = 14.6
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.																
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO														Estado	
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y			
N61/N75	☐ = 0.2	☐ = 21.7	x: 2.5 m ☐ = 6.0	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m ☐ = 1.3	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.313 m ☐ < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 2.5 m ☐ = 25.6	x: 0.313 m ☐ < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE ☐ = 25.6		
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.																
Notación: N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra ☐: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida ☐ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

λ : 1.88 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 34.00 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} : 263.22 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} : 716.63 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 263.22 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ?

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : 864.40 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : 317.50 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 13.84 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : 9410.00 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} : 5.000 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kz} : 5.000 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L_{kt} : 0.000 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i₀ : 5.90 cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : 5.04 cm

i_z : 3.06 cm

y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y₀ : 0.00 mm

z₀ : 0.00 mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$15.08 \leq 159.14 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{98.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.50} \text{ mm}$$

A_w : Área del alma.

$$A_w : \underline{6.37} \text{ cm}^2$$

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \underline{13.20} \text{ cm}^2$$

k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : \underline{0.30}$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\leq \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones
 $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1 + 0.75 \cdot N(R)2$.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{1.50} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{890.48} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.028} \quad \checkmark$$

$$\sigma : \underline{0.131} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{25.29} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{890.48} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección. **Clase :** 1

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 34.00 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.90 MPa

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:

$$N_{b,Rd} : \underline{193.31} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 34.00 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 261.90 MPa

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

η : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\eta_y : 0.51$$

$$\eta_z : 0.22$$

Siendo:

$$\eta_y : 1.31$$

$$\eta_z : 2.69$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : 0.34$$

$$\alpha_z : 0.49$$

$\eta\alpha$: Esbeltez reducida.

$$\eta\alpha_y : 1.14$$

$$\eta\alpha_z : 1.88$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : 263.22 \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : 716.63 \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : 263.22 \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : ?$$

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.026 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N61, para la combinación de acciones 1.35-PP.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 1.10 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 43.27 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : 165.20 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

γ : 0.005 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N61, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.88 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 165.65 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 10.96 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección.

h : 120.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 6.50 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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:

$$11.38 \leq 64.71$$



Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : 11.38$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : 64.71$$

η : Factor de reducción.

$$\eta : 0.92$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : 235.00 \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (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 - Temperatura ambiente (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 $V_{c,Rd}$.

$$0.77 \text{ kN} \leq 82.83 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N61, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 0.77 \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : 165.65 \text{ kN}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.054} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.082} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.146} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N61, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{25.21} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{1.10} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{890.48} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{43.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{21.21} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{165.20} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{80.97} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

η_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\eta_{M1} : \underline{1.05}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.04}$$

$$k_z : \underline{1.18}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \frac{1.00}{}$$

$$C_{m,z} : \frac{1.00}{}$$

η_y , η_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_y : \frac{0.51}{}$$

$$\eta_z : \frac{0.22}{}$$

η_{η_y} , η_{η_z} : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_{\eta_y} : \frac{1.14}{}$$

$$\eta_{\eta_z} : \frac{1.88}{}$$

χ_y , χ_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\chi_y : \frac{0.60}{}$$

$$\chi_z : \frac{0.60}{}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N61, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$0.77 \text{ kN} \leq 82.83 \text{ kN}$$



Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \frac{0.77}{\text{kN}}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \frac{165.65}{\text{kN}}$$

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (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 - Temperatura ambiente (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 - Temperatura ambiente (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 tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

η : 0.002 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$: 0.52 kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: 279.68 kN

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 34.00 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 82.26 MPa

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,Rd}$: 82.26 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,Rd}$: 0.30

$\eta_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\eta_{M,Rd}$: 1.00

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

η : 0.030 ✓

η : 0.217 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 8.33 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{279.68} \text{ kN}$$

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 :** 34.00 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 82.26 MPa

Siendo:

f_{y,β}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f_{y,β} :** 82.26 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.00 MPa

k_{y,β}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k_{y,β} :** 0.30

β_{M,β}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **β_{M,β} :** 1.00

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo **N_{b,Rd}** en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{38.35} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 34.00 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 82.26 MPa

Siendo:

f_{y,β}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f_{y,β} :** 82.26 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.00 MPa

k_{y,β}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k_{y,β} :** 0.30

β_{M,β}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **β_{M,β} :** 1.00

β: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\beta_y : \underline{0.32}$$

$$\beta_z : \underline{0.14}$$

Siendo:

$$\beta_y : \underline{1.92}$$

$$\beta_z : \underline{4.06}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.	α_y : <u>0.49</u>
	α_z : <u>0.49</u>
β : Esbeltez reducida.	β_y : <u>1.49</u>
	β_z : <u>2.45</u>
$k_{\beta,\beta}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.	$k_{\beta,\beta}$: <u>1.30</u>
N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	N_{cr} : <u>263.22</u> kN
$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr,y}$: <u>716.63</u> kN
$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr,z}$: <u>263.22</u> kN
$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$N_{cr,T}$: <u>?</u>

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\alpha : \underline{0.060} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N61, para la combinación de acciones PP.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.82} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{13.59} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

$$\text{Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.} \quad \text{Clase : } \underline{1}$$

$$W_{pl,y}: \text{Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.} \quad W_{pl,y} : \underline{165.20} \text{ cm}^3$$

$$f_{yd}: \text{Resistencia de cálculo del acero.} \quad f_{yd} : \underline{82.26} \text{ MPa}$$

Siendo:

$$f_{y,\beta}: \text{Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.} \quad f_{y,\beta} : \underline{82.26} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$: 0.30

$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$: 1.00

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

γ : 0.013 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N61, para la combinación de acciones PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.65 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 52.03 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 10.96 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección.

h : 120.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 6.50 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 82.26 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$: 82.26 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa
 $k_{y,\theta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,\theta}$: 0.30

$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,\theta}$: 1.00

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:

11.38 \leq 64.71 ✓

Donde:

γ_w : Esbeltez del alma. γ_w : 11.38

$\gamma_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima. $\gamma_{m\acute{a}x}$: 64.71

γ : Factor de reducción. γ : 0.92

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 $V_{c,Rd}$.

0.57 kN \leq 26.01 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N61, para la combinación de acciones PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.57 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 52.03 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.090} \quad \checkmark$$

$$\sigma : \underline{0.158} \quad \checkmark$$

$$\sigma : \underline{0.256} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N61, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{8.33} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{0.82} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{279.68} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{13.59} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{6.66} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{34.00} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{165.20} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{80.97} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{82.26} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.


$$f_{y,\beta} : \underline{82.26} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.	$k_{y,\beta}$: <u>0.30</u>
$\gamma_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M,\beta}$: <u>1.00</u>
k_y, k_z : Coeficientes de interacción.	k_y : <u>1.07</u>
	k_z : <u>1.30</u>
$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.	$C_{m,y}$: <u>1.00</u>
	$C_{m,z}$: <u>1.00</u>
η_y, η_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	η_y : <u>0.32</u>
	η_z : <u>0.14</u>
$\lambda_{By}, \lambda_{Bz}$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	λ_{By} : <u>1.49</u>
	λ_{Bz} : <u>2.45</u>
α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y : <u>0.60</u>
	α_z : <u>0.60</u>

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N61, para la combinación de acciones PP.

0.57 kN < 26.01 kN 

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z}$: 0.57 kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z}$: 52.03 kN

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

3.5.7.7 Viga de atado

Perfil: HE 100 B																															
Material: Acero (S275)																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Nudos</th> <th rowspan="2">Longitud (m)</th> <th colspan="4">Características mecánicas</th> </tr> <tr> <th>Inicial</th> <th>Final</th> <th>Área (cm²)</th> <th>I_y⁽¹⁾ (cm⁴)</th> <th>I_z⁽¹⁾ (cm⁴)</th> <th>I_t⁽²⁾ (cm⁴)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>N2</td> <td>N7</td> <td>5.000</td> <td>26.00</td> <td>449.50</td> <td>167.30</td> <td>9.25</td> </tr> </tbody> </table>	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				Inicial	Final	Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	N2	N7	5.000	26.00	449.50	167.30	9.25										
	Nudos		Longitud (m)		Características mecánicas																										
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)																								
	N2	N7	5.000	26.00	449.50	167.30	9.25																								
	<p>Notas:</p> <p>⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado</p> <p>⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme</p>																														
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">Pandeo</th> <th colspan="2">Pandeo lateral</th> </tr> <tr> <th>Plano XY</th> <th>Plano XZ</th> <th>Ala sup.</th> <th>Ala inf.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>η</td> <td>0.00</td> <td>1.00</td> <td>0.00</td> <td>0.00</td> </tr> <tr> <td>L_K</td> <td>0.000</td> <td>5.000</td> <td>0.000</td> <td>0.000</td> </tr> <tr> <td>C_m</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> <td>1.000</td> </tr> <tr> <td>C₁</td> <td colspan="2">-</td> <td colspan="2">1.000</td> </tr> </tbody> </table>			Pandeo		Pandeo lateral		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	η	0.00	1.00	0.00	0.00	L _K	0.000	5.000	0.000	0.000	C _m	1.000	1.000	1.000	1.000	C ₁	-		1.000	
		Pandeo		Pandeo lateral																											
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.																										
	η	0.00	1.00	0.00	0.00																										
	L _K	0.000	5.000	0.000	0.000																										
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000																											
C ₁	-		1.000																												
<p>Notación:</p> <p>η: Coeficiente de pandeo</p> <p>L_K: Longitud de pandeo (m)</p> <p>C_m: Coeficiente de momentos</p> <p>C₁: Factor de modificación para el momento crítico</p>																															
<p>Situación de incendio</p> <p>Resistencia requerida: R 30</p> <p>Factor de forma: 237.10 m-1</p> <p>Temperatura máx. de la barra: 693.0 °C</p> <p>Pintura intumescente: 0.4 mm</p>																															

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE															Estado
	η	η_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N2/N7	η 2.0 Cumple	x: 0.313 m η_w η_w máx Cumple	η = 2.0	η = 12.7	x: 2.5 m η = 3.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 0.5	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.313 m η < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 2.5 m η = 16.1	x: 0.313 m η < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE η = 16.1
<p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p>⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p>⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p>⁽³⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p>⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p> <p>⁽⁵⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p>																
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO															Estado

	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N2/N7	⊞ = 2.5	⊞ = 27.6	x: 2.5 m ⊞ = 8.8	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m ⊞ = 1.4	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.313 m ⊞ < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 2.5 m ⊞ = 38.4	x: 0.313 m ⊞ < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE ⊞ = 38.4
<p>Comprobaciones que no proceden (N.P.):</p> <p>⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.</p> <p>⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.</p> <p>⁽³⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p> <p>⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.</p> <p>⁽⁵⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.</p>														
<p>Notación:</p> <p>N_t: Resistencia a tracción</p> <p>N_c: Resistencia a compresión</p> <p>M_y: Resistencia a flexión eje Y</p> <p>M_z: Resistencia a flexión eje Z</p> <p>V_z: Resistencia a corte Z</p> <p>V_y: Resistencia a corte Y</p> <p>M_yV_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados</p> <p>M_zV_y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados</p> <p>NM_yM_z: Resistencia a flexión y axil combinados</p> <p>NM_yM_zV_yV_z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados</p> <p>M_t: Resistencia a torsión</p> <p>M_tV_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados</p> <p>M_tV_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados</p> <p>x: Distancia al origen de la barra</p> <p>⊞: Coeficiente de aprovechamiento (%)</p> <p>N.P.: No procede</p>														

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ_{red} de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

λ_{red} : **1.39** ✓

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 : 26.00 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} : 372.66 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} : 372.66 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : ?

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ?

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : 449.50 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : 167.30 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 9.25 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : 3380.00 cm⁶

E: Módulo de elasticidad.

E : 210000 MPa

G : Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>5.000</u> m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>0.000</u> m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>0.000</u> m
i₀ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i₀ : <u>4.87</u> cm

Siendo:

i_y , i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>4.16</u> cm
	i_z : <u>2.54</u> cm
y₀ , z₀ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y₀ : <u>0.00</u> mm
	z₀ : <u>0.00</u> mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

13.33 \leq 158.72 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>80.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>6.00</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>4.80</u> cm ²
A_{fc,ef} : Área reducida del ala comprimida.	A_{fc,ef} : <u>10.00</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa
Siendo:	

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

σ : 0.020 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$: 13.49 kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: 680.95 kN

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 26.00 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

γ : 0.049 ✓

γ : 0.127 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(90^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(R)2$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 33.60 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$N_{c,Rd}$: 680.95 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 : 26.00 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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. $\gamma_{M0} : 1.05$

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:

$N_{b,Rd} : 264.23$ kN

Donde:

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. $A : 26.00$ cm²
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 261.90$ MPa

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. $\gamma_{M1} : 1.05$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y : 0.39$

Siendo:

$\chi_y : 1.66$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$\alpha_y : 0.34$

λ_{rel} : Esbeltez reducida.

$\lambda_{rel,y} : 1.39$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$N_{cr} : 372.66$ kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y} : 372.66$ 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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.031$ ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.84 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:

$M_{c,Rd}$: 27.29 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.

$W_{pl,y}$: 104.20 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

τ : 0.005 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.68 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{136.09} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{9.00} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{100.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{6.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$9.33 \leq 64.71$$



Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{9.33}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

η : Factor de reducción.

$$\eta : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (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 - Temperatura ambiente (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 $V_{c,Rd}$.

0.59 kN \leq 68.04 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p \acute{e} simos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N2, para la combinaci3n de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de c3lculo p \acute{e} simo. V_{Ed} : 0.59 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de c3lculo. $V_{c,Rd}$: 136.09 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Art3culo 6.2.8)

No hay interacci3n entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinaci3n. Por lo tanto, la comprobaci3n no procede.

Resistencia a flexi3n y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Art3culo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : 0.080 ✓

η : 0.161 ✓

η : 0.070 ✓

Los esfuerzos solicitantes de c3lculo p \acute{e} simos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N2, para la combinaci3n de acciones 1.35·PP+1.5·V(90°)H2+0.75·N(R)2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresi3n solicitante de c3lculo p \acute{e} simo. $N_{c,Ed}$: 33.55 kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de c3lculo p \acute{e} simos, seg3n los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed}^+$: 0.84 kN·m

$M_{z,Ed}^+$: 0.00 kN·m

Clase: Clase de la secci3n, seg3n la capacidad de deformaci3n y de desarrollo de la resistencia pl3stica de sus elementos planos, para axil y flexi3n simple. **Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresi3n de la secci3n bruta. $N_{pl,Rd}$: 680.95 kN

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexi3n de la secci3n bruta en condiciones pl3sticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{pl,Rd,y}$: 27.29 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$: 13.47 kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Art3culo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.	$A : \underline{26.00} \text{ cm}^2$
$W_{pl,y}, W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	$W_{pl,y} : \underline{104.20} \text{ cm}^3$ $W_{pl,z} : \underline{51.42} \text{ cm}^3$
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$
γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$

k_y, k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.10}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

η_y, η_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_y : \underline{0.39}$$

$$\eta_z : \underline{1.00}$$

$\eta_{\eta_y}, \eta_{\eta_z}$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_{\eta_y} : \underline{1.39}$$

$$\eta_{\eta_z} : \underline{0.00}$$

η_y, η_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\eta_y : \underline{0.60}$$

$$\eta_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N2, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$0.59 \text{ kN} \leq 68.04 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.	$V_{Ed,z} : \underline{0.59} \text{ kN}$
$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.	$V_{c,Rd,z} : \underline{136.09} \text{ kN}$

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (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 - Temperatura ambiente (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 - Temperatura ambiente (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 tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\sigma : 0.025 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H1.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : 4.45 \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : 176.83 \text{ kN}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : 26.00 \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 68.01 \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : 68.01 \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : 0.25$$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,Rd} : 1.00$$

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.063} \quad \checkmark$$

$$\sigma : \underline{0.276} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5-V(90°)H2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{11.12} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{176.83} \text{ kN}$$

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 :** 26.00 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 68.01 MPa

Siendo:

f_{y,β}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f_{y,β} :** 68.01 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y :** 275.00 MPa

k_{y,β}: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. **k_{y,β} :** 0.25

β_{M,β}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **β_{M,β} :** 1.00

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{40.26} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. **A :** 26.00 cm²

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd} :** 68.01 MPa

Siendo:

f_{y,β}: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. **f_{y,β} :** 68.01 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
$k_{y, \theta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.	$k_{y, \theta}$: <u>0.25</u>
$\gamma_{M, \theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M, \theta}$: <u>1.00</u>
γ : Coeficiente de reducción por pandeo.	γ : <u>0.23</u>
Siendo:	γ : <u>2.58</u>
γ : Coeficiente de imperfección elástica.	γ : <u>0.49</u>
γ_{θ} : Esbeltez reducida.	γ_{θ} : <u>1.83</u>
$k_{\theta, \theta}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.	$k_{\theta, \theta}$: <u>1.32</u>
N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	N_{cr} : <u>372.66</u> kN
$N_{cr, y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr, y}$: <u>372.66</u> kN
$N_{cr, z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr, z}$: <u>?</u>
$N_{cr, T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$N_{cr, T}$: <u>?</u>

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\gamma : \underline{0.088} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N2, para la combinación de acciones PP.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.63} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

$$M_{Ed}^- : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c, Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{7.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{104.20} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{68.01} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\beta} : \underline{68.01} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\beta} : \underline{0.25}$$

$\gamma_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\beta} : \underline{1.00}$$

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.014} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N2, para la combinación de acciones PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.50} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo **$V_{c,Rd}$** viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{35.34} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.	A_v : <u>9.00</u> cm ²
Siendo:	
h : Canto de la sección.	h : <u>100.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>6.00</u> mm
f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>68.01</u> MPa
Siendo:	
$f_{y,d}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.	$f_{y,d}$: <u>68.01</u> MPa
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
$k_{y,d}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.	$k_{y,d}$: <u>0.25</u>
$\gamma_{M,d}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M,d}$: <u>1.00</u>

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$9.33 \leq 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:	
λ_w : Esbeltez del alma.	λ_w : <u>9.33</u>
$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima.	$\lambda_{máx}$: <u>64.71</u>
η : Factor de reducción.	η : <u>0.92</u>
Siendo:	
f_{ref} : Límite elástico de referencia.	f_{ref} : <u>235.00</u> MPa
f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa

Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 $V_{c,Rd}$.

$$0.44 \text{ kN} \leq 17.67 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N2, para la combinación de acciones PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.44} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{35.34} \text{ kN}$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\leq \underline{0.151} \quad \checkmark$$

$$\leq \underline{0.384} \quad \checkmark$$

$$\leq \underline{0.128} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 2.500 m del nudo N2, para la combinación de acciones PP+0.5·V(90°)H2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed} : \underline{11.12} \text{ kN}$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed}^+ : \underline{0.63} \text{ kN}\cdot\text{m}$
 $M_{z,Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia **Clase** : 1

plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{176.83} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{7.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{3.50} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{26.00} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{104.20} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{51.42} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{68.01} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,B}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,B} : \underline{68.01} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,B}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,B} : \underline{0.25}$$

$\gamma_{M,B}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,B} : \underline{1.00}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.22}$$

$$k_z : \underline{1.00}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

η_y , η_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_y : \underline{0.23}$$

$$\eta_z : \underline{1.00}$$

η_{η_y} , η_{η_z} : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_{\eta_y} : \underline{1.83}$$

$$\eta_{\eta_z} : \underline{0.00}$$

χ_y , χ_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\chi_y : \underline{0.60}$$

$$\chi_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.313 m del nudo N2, para la combinación de acciones PP.

0.44 kN \leq 17.67 kN



Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{Ed,z}$: 0.44 kN

$V_{c,Rd,z}$: 35.34 kN

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

3.5.7.8 Pilar entreplanta IPE 270

Barra N86/N87

Perfil: IPE 270
Material: Acero (S275)

Perfil: IPE 270							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N86	N87	4.500	45.90	5790.00	420.00	15.90
	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.	
	η		1.00	1.00	0.00	0.00	
	L _K		4.500	4.500	0.000	0.000	
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁		-		1.000			
Notación:							
η : Coeficiente de pandeo							
L _K : Longitud de pandeo (m)							
C _m : Coeficiente de momentos							
C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R 30							
Factor de forma: 242.38 m ⁻¹							
Temperatura máx. de la barra: 515.5 °C							
Pintura intumescente: 0.8 mm							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE														Estado	
	η	η_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N86/N87	η 2.0 Cumple	η_w η_w máx Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 50.2	x: 0 m η = 12.7	x: 0 m η = 11.0	η = 2.1	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 61.0	η < 0.1	η = 0.5	η = 2.1	η = 0.1	CUMPLE η = 61.0
Comprobaciones que no proceden (N.P.):																
⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO														Estado	
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y			
N86/N87	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η = 49.8	x: 0 m η = 5.6	x: 0 m η = 4.5	η = 1.0	η = 0.1	η < 0.1	η < 0.1	x: 0 m η = 60.3	η < 0.1	η = 0.2	η = 1.0	η = 0.1	CUMPLE η = 60.3		
Comprobaciones que no proceden (N.P.):																
⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																
Notación:																
N _t : Resistencia a tracción																
N _c : Resistencia a compresión																
M _y : Resistencia a flexión eje Y																
M _z : Resistencia a flexión eje Z																
V _z : Resistencia a corte Z																
V _y : Resistencia a corte Y																
M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados																
M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados																
NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados																
NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados																
M _t : Resistencia a torsión																
M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados																
M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados																
x: Distancia al origen de la barra																
η : Coeficiente de aprovechamiento (%)																
N.P.: No procede																

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida η de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

η : 1.71 ✓

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 : <u>2</u>
A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.	A : <u>45.90</u> cm ²
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.	N_{cr} : <u>429.88</u> 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} : <u>5926.15</u> kN
b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	N_{cr,z} : <u>429.88</u> kN
c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	N_{cr,T} : <u>?</u>

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.	I_y : <u>5790.00</u> cm ⁴
I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>420.00</u> cm ⁴
I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>15.90</u> cm ⁴
I_w: Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>70600.00</u> cm ⁶
E: Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G: Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_{ky}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>4.500</u> m
L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>4.500</u> m
L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>0.000</u> m
i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i₀ : <u>11.63</u> cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>11.23</u> cm
	i_z : <u>3.02</u> cm
y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y₀ : <u>0.00</u> mm
	z₀ : <u>0.00</u> mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

37.82 \leq 250.57 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.

t_w : Espesor del alma.

A_w : Área del alma.

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E : Módulo de elasticidad.

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

h_w : 249.60 mm

t_w : 6.60 mm

A_w : 16.47 cm²

$A_{fc,ef}$: 13.77 cm²

k : 0.30

E : 210000 MPa

f_{yf} : 275.00 MPa

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

η : 0.138 ✓

η : 0.502 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N86, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 165.45 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$N_{c,Rd}$: 1202.14 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 : 2

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

A : 45.90 cm²
 f_{yd} : 261.90 MPa

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:

$N_{b,Rd}$: 329.77 kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

A : 45.90 cm²
 f_{yd} : 261.90 MPa

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.

χ_y : 0.94

χ_z : 0.27

Siendo:

χ_y : 0.63

χ_z : 2.23

η : Coeficiente de imperfección elástica.

η_y : 0.21

η_z : 0.34

$\eta\eta$: Esbeltez reducida.

$\eta\eta_y$: 0.46

$\eta\eta_z$: 1.71

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 429.88 kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: 5926.15 kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 429.88 kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ?

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : 0.127 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N86, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 16.14 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N86, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 15.36 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 126.76 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

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$: 484.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{MO} : 1.05

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : 0.110 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N86, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 2.79 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N86, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed} : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed} : 2.57 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 25.40 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.

$W_{pl,z}$: 97.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

τ : 0.021 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 7.12 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 334.07 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 22.09 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección.

h : 270.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 6.60 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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:

$33.27 \leq 64.71$ ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 33.27

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

η : Factor de reducción.

η : 0.92

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.62 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 444.96 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 29.43 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 45.90 cm²

d : Altura del alma.

d : 249.60 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 6.60 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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 - Temperatura ambiente (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 $V_{c,Rd}$.

7.12 kN \leq 167.04 kN



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 7.12 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 334.07 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (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 $V_{c,Rd}$.

0.62 kN \leq 222.48 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} : 0.62 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 444.96 kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : 0.333 ✓

η : 0.335 ✓

η : 0.610 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N86, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 123.45 kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}^+$: 16.12 kN·m

$M_{z,Ed}^+$: 2.62 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.

$N_{pl,Rd}$: 1202.14 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.

$M_{pl,Rd,y}$: 126.76 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$: 25.40 kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

A : 45.90 cm²

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$W_{pl,y}$: 484.00 cm³

$W_{pl,z}$: 97.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

η_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

η_{M1} : 1.05

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

k_y : 1.03

$$k_z : \underline{1.52}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

η_y , η_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_y : \underline{0.94}$$

$$\eta_z : \underline{0.27}$$

$\eta_{P,y}$, $\eta_{P,z}$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_{P,y} : \underline{0.46}$$

$$\eta_{P,z} : \underline{1.71}$$

η_y , η_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\eta_y : \underline{0.60}$$

$$\eta_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H3 + 0.75 \cdot N(R)2$.

$$7.12 \text{ kN} \leq 166.76 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{7.12} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{333.53} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{2.36} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{15.59} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

α_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\alpha_{MO} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\alpha : \underline{0.021} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35-PP+1.5-V(0°)H3+0.75-N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{7.12} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{333.53} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{334.07} \text{ kN}$$

$\alpha_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\alpha_{T,Ed} : \underline{0.62} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{15.59} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

α_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\alpha_{MO} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

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.

$$V_{Ed} : \underline{0.62} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{444.10} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{444.96} \text{ kN}$$

$\xi_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\xi_{T,Ed} : \underline{0.73} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{15.59} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

ξ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\xi_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.100} \quad \checkmark$$

η : 0.498 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N86, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 92.15 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$N_{c,Rd}$: 924.60 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 : 2

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 45.90 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 201.44 MPa

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\beta}$: 201.44 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\beta}$: 0.73

$\eta_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\eta_{M,\beta}$: 1.00

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:

$N_{b,Rd}$: 185.01 kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 45.90 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 201.44 MPa

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\beta}$: 201.44 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que

$k_{y,\beta}$: 0.73

alcanza el perfil.

$\gamma_{M,B}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,B}$: 1.00

η : Coeficiente de reducción por pandeo.

η_y : 0.82

η_z : 0.20

Siendo:

χ_y : 0.72

χ_z : 2.89

α : Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.49

α_z : 0.49

λ_{rel} : Esbeltez reducida.

$\lambda_{rel,y}$: 0.53

$\lambda_{rel,z}$: 1.98

k_{rel} : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

k_{rel} : 1.15

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 429.88 kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: 5926.15 kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 429.88 kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ?

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

η : 0.056 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N86, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 5.50 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N86, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 4.94 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 97.50 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.

$W_{pl,y}$: 484.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 201.44 MPa

Siendo:

$f_{y,B}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,B}$: 201.44 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,B}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,B}$: 0.73

$\gamma_{M,B}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,B}$: 1.00

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

η : 0.045 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N86, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.89 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N86, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.88 kN·m

El momento flector resistente de cálculo **$M_{c,Rd}$** viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 19.54 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

$W_{pl,z}$: 97.00 cm³

secciones de clase 1 y 2.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 201.44 MPa

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,\beta}$: 201.44 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa

$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,\beta}$: 0.73

$\gamma_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,\beta}$: 1.00

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

γ : 0.010 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 2.46 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 256.94 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante. A_v : 22.09 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección. h : 270.00 mm

t_w : Espesor del alma. t_w : 6.60 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 201.44 MPa

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,\beta}$: 201.44 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\beta}$: 0.73

$\gamma_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\beta}$: 1.00

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:

33.27 \leq 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 33.27

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

α : Factor de reducción.

α : 0.92

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

α : 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.20 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 342.23 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 29.43 cm²

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

A : 45.90 cm²

d : Altura del alma.

d : 249.60 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 6.60 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 201.44 MPa

Siendo:

$f_{y,R}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,R}$: 201.44 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,R}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.


$k_{y,R}$: 0.73

$\gamma_{M,R}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,R}$: 1.00

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 $V_{c,Rd}$.

2.46 kN \leq 128.47 kN 

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 2.46 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 256.94 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 $V_{c,Rd}$.

0.20 kN \leq 171.12 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p \acute{e} simos se producen para la combinaci3n de acciones PP+0.5·V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de c \acute{a} lculo p \acute{e} simo. V_{Ed} : 0.20 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de c \acute{a} lculo. $V_{c,Rd}$: 342.23 kN

Resistencia a flexi3n y axil combinados - Situaci3n de incendio (CTE DB SE-A, Art \acute{i} culo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

η : 0.199 ✓

η : 0.223 ✓

η : 0.603 ✓

Los esfuerzos solicitantes de c \acute{a} lculo p \acute{e} simos se producen en el nudo N86, para la combinaci3n de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresi3n solicitante de c \acute{a} lculo p \acute{e} simo. $N_{c,Ed}$: 91.65 kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de c \acute{a} lculo p \acute{e} simos, seg \acute{u} n los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed}^{\dagger}$: 5.50 kN·m

$M_{z,Ed}^{\dagger}$: 0.84 kN·m

Clase: Clase de la secci3n, seg \acute{u} n la capacidad de deformaci3n y de desarrollo de la resistencia pl \acute{a} stica de sus elementos planos, para axil y flexi3n simple. **Clase** : 2

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresi3n de la secci3n bruta. $N_{pl,Rd}$: 924.60 kN

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexi3n de la secci3n bruta en condiciones pl \acute{a} sticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{pl,Rd,y}$: 97.50 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$: 19.54 kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Art \acute{i} culo 6.3.4.2)

A: \acute{A} rea de la secci3n bruta. A : 45.90 cm 2

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: M3dulos resistentes pl \acute{a} sticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente. $W_{pl,y}$: 484.00 cm 3

$W_{pl,z}$: 97.00 cm 3

f_{yd} : Resistencia de c \acute{a} lculo del acero. f_{yd} : 201.44 MPa

Siendo:

$f_{y,R}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,R} : 201.44$ MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 275.00$ MPa

$k_{y,R}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,R} : 0.73$

$\gamma_{M,R}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,R} : 1.00$

k_y, k_z : Coeficientes de interacción.

$k_y : 1.04$

$k_z : 1.69$

$C_{m,y}, C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$C_{m,y} : 1.00$

$C_{m,z} : 1.00$

η_y, η_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$\eta_y : 0.82$

$\eta_z : 0.20$

$\eta_{\eta_y}, \eta_{\eta_z}$: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$\eta_{\eta_y} : 0.53$

$\eta_{\eta_z} : 1.98$

χ_y, χ_z : Factores dependientes de la clase de la sección.


$\chi_y : 0.60$

$\chi_z : 0.60$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 PP+0.5·V(0°)H3.

2.46 kN \leq 128.38 kN 

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,z} : 2.46$ kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z} : 256.76$ kN

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5-V(180°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{1.81} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{15.59} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{201.44} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Ed}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Ed} : \underline{201.44} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,Ed}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Ed} : \underline{0.73}$$

$\xi_{M,Ed}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\xi_{M,Ed} : \underline{1.00}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.010} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5-V(0°)H3.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.46} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{256.76} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{256.94} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.21} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{15.59} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{201.44} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Ed}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Ed} : \underline{201.44} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,Ed}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Ed} : \underline{0.73}$$

$\gamma_{M,Ed}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,Ed} : \underline{1.00}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\tau : \underline{0.001} \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.20} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{341.94} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{342.23} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.24} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 15.59 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 201.44 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\theta}$: 201.44 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\theta}$: 0.73

$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\theta}$: 1.00

3.5.7.9 Viga entreplanta IPE 330

Barra N70/N83

Perfil: IPE 330					
Material: Acero (S275)					
Nudos	Longitud (m)	Características mecánicas			
		Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)
N70	N83	5.000	62.60	11770.00	788.00
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme					
	Pandeo		Pandeo lateral		
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.	
η	1.00	1.00	0.00	0.00	
L_K	5.000	5.000	0.000	0.000	
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000	
C_1	-		1.000		
Notación: η : Coeficiente de pandeo L_K : Longitud de pandeo (m) C_m : Coeficiente de momentos C_1 : Factor de modificación para el momento crítico					
Situación de incendio					
Resistencia requerida: R 30					
Factor de forma: 214.79 m-1					
Temperatura máx. de la barra: 670.0 °C					
Pintura intumescente: 0.4 mm					

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE													Estado		
	λ	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
N70/N83	$\lambda = 2.0$ Cumple	$\lambda_w = 2.0$ Cumple	$\lambda = 14.1$	$\lambda = 10.2$	x: 0.143 m $\lambda = 48.5$	x: 4.865 m $\lambda = 2.0$	x: 0.143 m $\lambda = 19.7$	$\lambda < 0.1$	$\lambda < 0.1$	$\lambda < 0.1$	x: 0.143 m $\lambda = 62.6$	$\lambda < 0.1$	$\lambda = 0.3$	x: 0.143 m $\lambda = 19.7$	$\lambda < 0.1$	CUMPLE $\lambda = 62.6$
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado		
	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			
N70/N83	$\lambda = 7.1$	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0.143 m $\lambda = 65.9$	x: 4.865 m $\lambda = 2.1$	x: 0.143 m $\lambda = 32.8$	$\lambda < 0.1$	$\lambda < 0.1$	$\lambda < 0.1$	x: 0.143 m $\lambda = 73.0$	$\lambda < 0.1$	$\lambda = 0.3$	x: 0.143 m $\lambda = 32.8$	$\lambda < 0.1$	CUMPLE $\lambda = 73.0$		

Comprobaciones que no proceden (N.P.):
⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Notación:
 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
 λ : Coeficiente de aprovechamiento (%)
N.P.: No procede

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ_{red} de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

λ_{red} : 1.62 ✓

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 : 3

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 62.60 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} : 653.29 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} : 9757.88 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 653.29 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ?

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : 11770.00 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : 788.00 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 28.20 cm⁴

I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>199000.00</u> cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>5.000</u> m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>5.000</u> m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>0.000</u> m
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 : <u>14.16</u> cm

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>13.71</u> cm
	i_z : <u>3.55</u> cm
y_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 : <u>0.00</u> mm
	z_0 : <u>0.00</u> mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

40.93 \leq 256.27 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>307.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>7.50</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>23.03</u> cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$: <u>18.40</u> cm ²
k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k : <u>0.30</u>
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} : <u>275.00</u> MPa

Siendo:

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

σ : 0.141 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$: 231.15 kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: 1639.52 kN

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 62.60 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

γ : 0.031 ✓

γ : 0.102 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 50.31 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$N_{c,Rd}$: 1639.52 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 : 3

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 62.60 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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:

$N_{b,Rd}$: 492.79 kN

Donde:

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 62.60 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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.

χ_y : 0.95

χ_z : 0.30

Siendo:

η_y : 0.61

η_z : 2.06

η_y : Coeficiente de imperfección elástica.

η_y : 0.21

η_z : 0.34

$\eta\eta$: Esbeltez reducida.

$\eta\eta_y$: 0.42

$\eta\eta_z$: 1.62

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 653.29 kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: 9757.88 kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 653.29 kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ?

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : 0.485 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.143 m del nudo N70, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 2.75 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.143 m del nudo N70, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 102.04 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 210.57 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

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$: 804.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{MO} : 1.05

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : 0.020 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.865 m del nudo N70, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(270°)H2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.77 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.865 m del nudo N70, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.80 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{40.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{154.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\gamma : \underline{0.197} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.143 m del nudo N70, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{91.84} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{465.77} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{30.80} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{330.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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:

36.13 \leq **64.71** ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 36.13

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

η : Factor de reducción.

η : 0.92

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\eta <$ 0.001 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.18 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 598.42 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 39.58 cm²

Siendo:

A: Área de la sección bruta.

A : 62.60 cm²

d: Altura del alma.

d : 307.00 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 7.50 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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 - Temperatura ambiente (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}**.

91.84 kN < **232.88 kN** ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 91.84 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

V_{c,Rd} : 465.77 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (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}**.

0.18 kN < **299.21 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} : 0.18 kN

V_{c,Rd}: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

V_{c,Rd} : 598.42 kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.626} \quad \checkmark$$

$$\sigma : \underline{0.373} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.143 m del nudo N70, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{231.15} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{102.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{1639.52} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{210.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{40.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{-78.29} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{97.38} \text{ MPa}$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{804.00} \text{ cm}^3$$

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$


$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{210.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (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 p^simos se producen para la combinaci3n de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

91.84 kN \leq 232.80 kN 

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de c^lculo p^simo.

$V_{Ed,z}$: 91.84 kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de c^lculo.

$V_{c,Rd,z}$: 465.59 kN

Resistencia a torsi3n - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Art^oculo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

η : 0.003 

El esfuerzo solicitante de c^lculo p^simo se produce para la combinaci3n de acciones 0.8·PP+1.5·V(0°)H1.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de c^lculo p^simo.

$M_{T,Ed}$: 0.01 kN·m

El momento torsor resistente de c^lculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$M_{T,Rd}$: 3.71 kN·m

Donde:

W_T : M3dulo de resistencia a torsi3n.

W_T : 24.52 cm³

f_{yd} : Resistencia de c^lculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : L^omite el^ostico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)


f_y : 275.00 MPa

η_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

η_{Mo} : 1.05

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Art^oculo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : 0.197 

Los esfuerzos solicitantes de c^lculo p^simos se producen en un punto situado a una distancia de 0.143 m del nudo N70, para la combinaci3n de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{91.84} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{465.59} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{465.77} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.14} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{24.52} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\tau < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.18} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{597.78} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{598.42} \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : \underline{0.40} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. W_T : 24.52 cm³
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 261.90 MPa

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 tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

σ : 0.071 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$: 36.92 kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: 519.29 kN

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra. A : 62.60 cm²
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. f_{yd} : 82.95 MPa

Siendo:

$f_{y,R}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,R}$: 82.95 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa

$k_{y,R}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,R}$: 0.30

$\gamma_{M,R}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,R}$: 1.00

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.659} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.143 m del nudo N70, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{43.92} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{66.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{804.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{82.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\beta} : \underline{82.95} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\beta} : \underline{0.30}$$

$\eta_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\eta_{M,\beta} : \underline{1.00}$$

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

η : 0.021 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.865 m del nudo N70, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.26 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.865 m del nudo N70, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

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:

$M_{c,Rd}$: 12.77 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.

$W_{pl,z}$: 154.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 82.95 MPa

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,Rd}$: 82.95 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,Rd}$: 0.30

$\eta_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\eta_{M,Rd}$: 1.00

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

η : 0.328 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.143 m del nudo N70, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 48.43 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 147.52 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 30.80 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección.

h : 330.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 7.50 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 82.95 MPa

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\beta}$: 82.95 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\beta}$: 0.30

$\gamma_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,\beta}$: 1.00

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:

36.13 \leq **64.71** ✓

Donde:

γ_w : Esbeltez del alma.

γ_w : 36.13

$\gamma_{máx}$: Esbeltez máxima.

$\gamma_{máx}$: 64.71

γ : Factor de reducción.

γ : 0.92

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\xi < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5-V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.06} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{189.54} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{39.58} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{307.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{82.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{82.95} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.30}$$

$\xi_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\xi_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 $V_{c,Rd}$.

48.43 kN \leq 73.76 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 48.43 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 147.52 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 $V_{c,Rd}$.

0.06 kN \leq 94.77 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 0.06 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 189.54 kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

σ : 0.730 ✓

σ : 0.602 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.143 m del nudo N70, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed}$: 36.92 kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{43.92} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{519.29} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{66.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{12.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{-40.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{49.91} \text{ MPa}$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{804.00} \text{ cm}^3$$

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{66.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 PP+0.5·V(180°)H4.

$$48.43 \text{ kN} \leq 73.74 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{48.43} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{147.49} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\tau : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H1.

$M_{T,Ed}$: 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:

$M_{T,Rd}$: 1.17 kN·m

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 24.52 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 82.95 MPa

Siendo:

$f_{y,β}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,β}$: 82.95 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,β}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,β}$: 0.30

$\gamma_{M,β}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,β}$: 1.00

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

γ : 0.328 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.143 m del nudo N70, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H4.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 48.43 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:

$V_{pl,T,Rd}$: 147.49 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 147.52 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 0.03 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : 24.52 \text{ cm}^3$
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 82.95 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,R}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,R} : 82.95 \text{ MPa}$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : 275.00 \text{ MPa}$

$k_{y,R}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,R} : 0.30$

$\gamma_{M,R}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,R} : 1.00$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\gamma < 0.001 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5-V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : 0.06 \text{ kN}$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo. $M_{T,Ed} : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : 189.32 \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{pl,Rd} : 189.54 \text{ kN}$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión. $\tau_{T,Ed} : 0.13 \text{ MPa}$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión. $W_T : 24.52 \text{ cm}^3$
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : 82.95 \text{ MPa}$

Siendo:

$f_{y,R}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,R} : 82.95 \text{ MPa}$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
$k_{y,pl}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.	$k_{y,pl}$: <u>0.30</u>
$\gamma_{M,pl}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.	$\gamma_{M,pl}$: <u>1.00</u>

3.5.7.10 Viga estructura escalera

Barra N167/N168

Perfil: IPE 180
Material: Acero (S275)

Perfil: IPE 180							
Material: Acero (S275)							
		Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas		
Inicial	Final	Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)		I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
N167	N168	3.000	23.90	1317.00	101.00	4.79	
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.		
η		1.00	1.00	0.00	0.00		
L _K		3.000	3.000	0.000	0.000		
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000		
C ₁		-		1.000			
Notación: η : Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R 30 Factor de forma: 306.81 m-1 Temperatura máx. de la barra: 582.5 °C Pintura intumescente: 0.8 mm							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE													Estado		
	η	η_w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t		M _y V _z	M _z V _y
N167/N168	N.P. ⁽¹⁾	x: 0.214 m η_w η_w máx Cumple	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 1.5 m η = 66.8	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	x: 0 m η = 22.8	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	x: 0.214 m η < 0.1	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	N.P. ⁽¹⁰⁾	CUMPLE η = 66.8
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción. ⁽²⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión. ⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽⁵⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽⁶⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁷⁾ No hay interacción entre axil y momento flector ni entre momentos flectores en ambas direcciones para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁸⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽¹⁰⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado		
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _y V _z	M _z V _y			
N167/N168	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 1.5 m η = 69.9	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0 m η = 23.9	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	x: 0.214 m η < 0.1	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽⁹⁾	N.P. ⁽⁹⁾	CUMPLE η = 69.9	
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 axil de compresión. ⁽³⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector. ⁽⁴⁾ La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante. ⁽⁵⁾ No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁶⁾ 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. ⁽⁷⁾ No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede. ⁽⁸⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor. ⁽⁹⁾ No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.																

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO												Estado
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M ₁ V _z	M ₂ V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M ₁ V _z	
<p>Notación:</p> <p>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 M₁V_z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M₂V_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 M₁V_z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M₁V_y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra Ⓢ: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede</p>													

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión ni de tracción.

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

30.94 Ⓢ 250.32 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.

t_w : Espesor del alma.

A_w : Área del alma.

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

E : Módulo de elasticidad.

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

Siendo:

h_w : 164.00 mm

t_w : 5.30 mm

A_w : 8.69 cm²

$A_{fc,ef}$: 7.28 cm²

k : 0.30

E : 210000 MPa

f_{yf} : 275.00 MPa

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : 0.668 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.500 m del nudo N167, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 29.03 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:

$M_{c,Rd}$: 43.48 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.

$W_{pl,y}$: 166.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{MO} : 1.05

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : 0.228 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N167, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{38.71} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{169.42} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{11.20} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{180.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.30} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$27.55 \leq 64.71$$



Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{27.55}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

γ : Factor de reducción.

$$\gamma : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (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 - Temperatura ambiente (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 $V_{c,Rd}$.

33.18 kN \leq 84.71 kN



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.214 m del nudo N167, para la combinación de acciones 1.35-PP+1.5-Q.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 33.18 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 169.42 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (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 - Temperatura ambiente (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 - Temperatura ambiente (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 - Temperatura ambiente (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 - Temperatura ambiente (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 - Temperatura ambiente (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 tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.699} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 1.500 m del nudo N167, para la combinación de acciones PP.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{16.76} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed} : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{23.96} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{166.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{144.35} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{144.35} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.52}$$

$\eta_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\eta_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.239} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N167, para la combinación de acciones PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{22.34} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{93.37} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{11.20} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{180.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.30} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{144.35} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\beta} : \underline{144.35} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.


$$k_{y,\beta} : \underline{0.52}$$

$\xi_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\xi_{M,\beta} : \underline{1.00}$$

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:

27.55 \leq 64.71 

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 27.55

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

η : Factor de reducci3n.

η : 0.92

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 - Situaci3n de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobaci3n no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situaci3n de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de cculo a flexi3n, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cculo a cortante $V_{c,Rd}$.

19.15 kN \leq 46.69 kN 

Los esfuerzos solicitantes de cculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.214 m del nudo N167, para la combinaci3n de acciones PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cculo pésimo.

V_{Ed} : 19.15 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cculo.

$V_{c,Rd}$: 93.37 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situaci3n de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacci3n entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinaci3n. Por lo tanto, la comprobaci3n no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento flector, axil y cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

3.5.7.11 Viga soporte escalera IPE 330

Barra N168/N163

Perfil: IPE 330
Material: Acero (S275)

Perfil: IPE 330							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)
	N168	N163	1.200	62.60	11770.00	788.00	28.20
	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.			
	1.00	1.00	0.00	0.00			
	L _K	1.200	1.200	0.000	0.000		
C _m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C ₁	-		1.000				
Notación:							
☐: Coeficiente de pandeo							
L _K : Longitud de pandeo (m)							
C _m : Coeficiente de momentos							
C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R 30							
Factor de forma: 214.79 m ⁻¹							
Temperatura máx. de la barra: 670.0 °C							
Pintura intumescente: 0.4 mm							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE														Estado	
	☐	☐ _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N168/N163	☐ = 2.0 Cumple	x: 0 m ☐ _w = 0.2 Cumple	☐ = 0.2	☐ = 0.2	x: 0 m ☐ = 17.5	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 1.2 m ☐ = 6.7	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m ☐ < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 0 m ☐ = 17.5	x: 0 m ☐ < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE ☐ = 17.5
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.																
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO														Estado	
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y			
N168/N163	☐ = 0.2	☐ = 0.2	x: 0 m ☐ = 32.2	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 1.2 m ☐ = 12.3	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m ☐ < 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 0 m ☐ = 32.4	x: 0 m ☐ < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE ☐ = 32.4		
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.																
Notación:																
N _t : Resistencia a tracción																
N _c : Resistencia a compresión																
M _y : Resistencia a flexión eje Y																
M _z : Resistencia a flexión eje Z																
V _z : Resistencia a corte Z																
V _y : Resistencia a corte Y																
M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados																
M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados																
NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados																
NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados																
M _t : Resistencia a torsión																
M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados																
M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados																
x: Distancia al origen de la barra																
☐: Coeficiente de aprovechamiento (%)																
N.P.: No procede																

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ_{red} de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

λ_{red} : 0.39 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 3

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A : 62.60 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} : 11341.82 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} : 169407.65 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 11341.82 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ?

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : 11770.00 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : 788.00 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 28.20 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : 199000.00 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} : 1.200 m

L_{kz}: Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kz} : 1.200 m

L_{kt}: Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L_{kt} : 0.000 m

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i₀ : 14.16 cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : 13.71 cm

i_z : 3.55 cm

y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y₀ : 0.00 mm

z₀ : 0.00 mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$40.93 \leq 256.27 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : \underline{307.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.50} \text{ mm}$$

A_w : Área del alma.

$$A_w : \underline{23.03} \text{ cm}^2$$

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : \underline{18.40} \text{ cm}^2$$

k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : \underline{0.30}$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : \underline{210000} \text{ MPa}$$

f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Siendo:

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

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).

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{3.41} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{1639.52} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

$$\sigma : \underline{0.002} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2$.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{2.39} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{1639.52} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{1525.05} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M1} : 1.05

γ_y : Coeficiente de reducción por pandeo.

γ_y : 1.00

Siendo:

γ_z : 0.93

γ_y : 0.49

γ_z : 0.61

γ : Coeficiente de imperfección elástica.

γ_y : 0.21

γ_z : 0.34

γ_{γ} : Esbeltez reducida.

$\gamma_{\gamma y}$: 0.10

$\gamma_{\gamma z}$: 0.39

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 11341.82 kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: 169407.65 kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 11341.82 kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: γ

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

γ : 0.175 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N168, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 36.79 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:

$M_{c,Rd}$: 210.57 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

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$W_{pl,y}$: 804.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

γ : 0.067 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N163, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 31.05 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 465.77 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 30.80 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección.

h : 330.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 7.50 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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:

$$36.13 \leq 64.71$$



Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : 36.13$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : 64.71$$

η : Factor de reducci3n.

$$\eta : 0.92$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : 235.00 \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobaci3n no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexi3n, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$30.27 \text{ kN} \leq 232.88 \text{ kN}$$



Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N168, para la combinaci3n de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : 30.27 \text{ kN}$$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd} : 465.77 \text{ kN}$$

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacci3n entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinaci3n. Por lo tanto, la comprobaci3n no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.175} \quad \checkmark$$

$$\sigma : \underline{0.175} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N168, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{0.18} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{36.79} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{1639.52} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{210.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{40.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{36.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{45.73} \text{ MPa}$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{804.00} \text{ cm}^3$$

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$


$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{210.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (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 p_simos se producen en el nudo N168, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

30.27 kN \square 232.88 kN 

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p_simo.

$V_{Ed,z}$: 30.27 kN

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,z}$: 465.77 kN

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (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 - Temperatura ambiente (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 - Temperatura ambiente (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 tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

\square : 0.002 

El esfuerzo solicitante de cálculo p_simo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo p_simo.

$N_{t,Ed}$: 1.15 kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: 519.29 kN

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 62.60 cm²

$f_{y,d}$: Resistencia de cálculo del acero.

$f_{y,d}$: 82.95 MPa

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,Rd}$: 82.95 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa
 $k_{y,\theta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,\theta}$: 0.30
 $\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,\theta}$: 1.00

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

η : 0.002 ✓

η : 0.002 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 0.78 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$N_{c,Rd}$: 519.29 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: 3

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

A: 62.60 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 82.95 MPa

Siendo:

$f_{y,\theta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,\theta}$: 82.95 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) f_y : 275.00 MPa

$k_{y,\theta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,\theta}$: 0.30

$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,\theta}$: 1.00

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{435.85} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{82.95} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{82.95} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.30}$$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

η : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\eta_y : \underline{1.00}$$

$$\eta_z : \underline{0.84}$$

Siendo:

$$\eta_y : \underline{0.49}$$

$$\eta_z : \underline{0.70}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

λ_{red} : Esbeltez reducida.

$$\lambda_{red,y} : \underline{0.13}$$

$$\lambda_{red,z} : \underline{0.51}$$

k_{Rd} : Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{Rd} : \underline{1.30}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{11341.82} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : \underline{169407.65} \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : \underline{11341.82} \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\eta}$$

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

η : 0.322 ✓

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N168, para la combinación de acciones PP.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 21.47 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:

$M_{c,Rd}$: 66.69 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.

$W_{pl,y}$: 804.00 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 82.95 MPa

Siendo:

$f_{y,B}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,B}$: 82.95 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,B}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,B}$: 0.30

$\eta_{M,B}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\eta_{M,B}$: 1.00

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

η : 0.123 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N163, para la combinación de acciones PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 18.18 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 147.52 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 30.80 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección.

h : 330.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 7.50 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 82.95 MPa

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,\beta}$: 82.95 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,\beta}$: 0.30

$\eta_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\eta_{M,\beta}$: 1.00

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:

36.13 η **64.71** ✓

Donde:

η_w : Esbeltez del alma.

η_w : 36.13

$\eta_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\eta_{m\acute{a}x}$: 64.71

η : Factor de reducción.

η : 0.92

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 $V_{c,Rd}$.

17.61 kN η 73.76 kN 

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N168, para la combinación de acciones PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 17.61 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.


$V_{c,Rd}$: 147.52 kN


Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

η : 0.324 

η : 0.320 

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N168, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{1.15} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{21.47} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{519.29} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{66.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{12.77} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} : \underline{21.36} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{26.56} \text{ MPa}$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{804.00} \text{ cm}^3$$

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{66.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N168, para la combinación de acciones PP.

$$17.61 \text{ kN} \quad ? \quad 73.76 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{17.61} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{147.52} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

3.5.7.12 Pilarillos EHB 220

Barra N72/N80

Perfil: HE 220 B		Material: Acero (S275)					
	Nudos		Longitud	Características mecánicas			
	Inicial	Final	(m)	Área	$I_y^{(1)}$	$I_z^{(1)}$	$I_t^{(2)}$
	N72	N80	4.500	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.		
	φ	0.39	0.70	0.00	0.00		
	L_K	1.750	3.150	0.000	0.000		
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C_1	-		1.000				
Notación:							
φ : Coeficiente de pandeo							
L_K : Longitud de pandeo (m)							
C_m : Coeficiente de momentos							
C_1 : Factor de modificación para el momento crítico							
Situación de incendio							
Resistencia requerida: R 30							
Factor de forma: 147.41 m ⁻¹							
Temperatura máx. de la barra: 571.0 °C							
Pintura intumescente: 0.4 mm							

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE														Estado	
	φ	φ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	M_t	$M_t V_z$		$M_t V_y$
N72/N80	φ 2.0 Cumple	φ_w φ_w máx Cumple	$N_{Ed} = 0.00$ N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m $\varphi = 8.4$	x: 0 m $\varphi = 39.6$	x: 4.335 m $\varphi = 9.6$	x: 0 m $\varphi = 9.5$	$\varphi = 0.4$	$\varphi < 0.1$	$\varphi < 0.1$	x: 0 m $\varphi = 52.7$	$\varphi < 0.1$	$\varphi = 0.5$	x: 0 m $\varphi = 9.6$	$\varphi = 0.4$	CUMPLE $\varphi = 52.7$
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO														Estado	
	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	$M_y V_z$	$M_z V_y$	$N M_y M_z$	$N M_y M_z V_y V_z$	M_t	$M_t V_z$	$M_t V_y$			

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO													Estado
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y	
N72/N80	N _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m ξ = 7.9	x: 0 m ξ = 22.0	x: 4.335 m ξ = 7.6	x: 0 m ξ = 5.4	ξ = 0.3	ξ < 0.1	ξ < 0.1	x: 0 m ξ = 34.2	ξ < 0.1	ξ = 0.3	x: 0 m ξ = 5.4	ξ = 0.3	CUMPLE ξ = 34.2
<p>Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.</p> <p>Notación: 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 ξ: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede</p>														

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida ξξ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

ξξ : 0.38 ✓

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} : 16900.52 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 16900.52 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 19240.65 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ?

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : 8091.00 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : 2843.00 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 76.57 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : 295400.00 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} : 3.150 m

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} :	<u>1.750</u>	m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} :	<u>0.000</u>	m
i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i_0 :	<u>10.96</u>	cm

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y :	<u>9.43</u>	cm
	i_z :	<u>5.59</u>	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 :	<u>0.00</u>	mm
	z_0 :	<u>0.00</u>	mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

19.79 \geq 163.18 ✓

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w :	<u>188.00</u>	mm
t_w : Espesor del alma.	t_w :	<u>9.50</u>	mm
A_w : Área del alma.	A_w :	<u>17.86</u>	cm ²
$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.	$A_{fc,ef}$:	<u>35.20</u>	cm ²
k: Coeficiente que depende de la clase de la sección.	k :	<u>0.30</u>	
E: Módulo de elasticidad.	E :	<u>210000</u>	MPa
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.	f_{yf} :	<u>275.00</u>	MPa
Siendo:			

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

σ : 0.077 ✓

η : 0.084 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N72, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·Q.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 184.50 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$N_{c,Rd}$: 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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

η_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

η_{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:

$N_{b,Rd}$: 2187.77 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

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

η_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

η_{M1} : 1.05

η : Coeficiente de reducción por pandeo.

η_y : 0.93

η_z : 0.92

Siendo:

η_y : 0.61

η_z : 0.60

α_y : Coeficiente de imperfección elástica.	α_y : <u>0.34</u>
	α_z : <u>0.49</u>
$\alpha_{red,y}$: Esbeltez reducida.	$\alpha_{red,y}$: <u>0.38</u>
	$\alpha_{red,z}$: <u>0.36</u>
N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:	N_{cr} : <u>16900.52</u> kN
$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr,y}$: <u>16900.52</u> kN
$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr,z}$: <u>19240.65</u> kN
$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$N_{cr,T}$: <u>?</u>

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\alpha : \underline{0.396} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N72, para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(270^\circ)H2 + 0.75 \cdot N(EI)$.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{76.72} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N72, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{85.83} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{216.60} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{827.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

α_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\alpha_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

No procede, dado que las longitudes de pandeo lateral son nulas.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.096} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.335 m del nudo N72, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H3+0.75·N(R)1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{4.86} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 4.335 m del nudo N72, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{9.92} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{103.16} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,z} : \underline{393.90} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{MO} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{MO} : \underline{1.05}$$

Resistencia a corte Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \underline{0.095} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N72, para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{40.24} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{421.58} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{27.88} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{220.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$16.00 \leq 64.71$$



Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{16.00}$$

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{m\acute{a}x} : \underline{64.71}$$

γ : Factor de reducción.

$$\gamma : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\tau : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{4.35} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{1105.96} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{73.14} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{91.00} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{188.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (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 $V_{c,Rd}$.

$$40.24 \text{ kN} \quad \tau \quad 210.79 \text{ kN} \quad \checkmark$$

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} : 40.24 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 421.58 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Temperatura ambiente (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 $V_{c,Rd}$.

4.35 kN \leq 552.98 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H4+0.75·N(R)2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 4.35 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 1105.96 kN

Resistencia a flexión y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : 0.527 ✓

η : 0.501 ✓

η : 0.382 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N72, para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3+0.75·N(R)2.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 137.78 kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$M_{y,Ed}$: 82.97 kN·m

$M_{z,Ed}^+$: 8.86 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 : <u>1</u>
N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : <u>2383.33</u> 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} : <u>216.60</u> kN·m M_{pl,Rd,z} : <u>103.16</u> kN·m
Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)	
A: Área de la sección bruta.	A : <u>91.00</u> cm ²
W_{pl,y}, W_{pl,z}: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} : <u>827.00</u> cm ³ W_{pl,z} : <u>393.90</u> cm ³
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>261.90</u> MPa
Siendo:	
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : <u>1.05</u>
k_y, k_z: Coeficientes de interacción.	
	k_y : <u>1.01</u>
	k_z : <u>1.01</u>
C_{m,y}, C_{m,z}: Factores de momento flector uniforme equivalente.	C_{m,y} : <u>1.00</u> C_{m,z} : <u>1.00</u>
η_y, η_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	η_y : <u>0.93</u> η_z : <u>0.92</u>
η_{1y}, η_{1z}: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	η_{1y} : <u>0.38</u> η_{1z} : <u>0.36</u>
η_{2y}, η_{2z}: Factores dependientes de la clase de la sección.	η_{2y} : <u>0.60</u> η_{2z} : <u>0.60</u>

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $0.8 \cdot PP + 1.5 \cdot V(180^\circ)H1$.

40.24 kN \square 210.37 kN



Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{40.24} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{420.73} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.005} \quad \checkmark$$

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.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{7.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{47.86} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

ξ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\xi_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.096} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N72, para la combinación de acciones 0.8·PP+1.5·V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{40.24} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.04} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{420.73} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{421.58} \text{ kN}$$

$\alpha_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\alpha_{T,Ed} : \underline{0.75} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{47.86} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

α_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\alpha_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\alpha : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones $1.35 \cdot PP + 1.5 \cdot V(0^\circ)H4 + 0.75 \cdot N(R)2$.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{4.35} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{1105.46} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{1105.96} \text{ kN}$$

$\alpha_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\alpha_{T,Ed} : \underline{0.17} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{47.86} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

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 tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

σ : 0.068 ✓

σ : 0.079 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N72, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$N_{c,Ed}$: 95.53 kN

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$N_{c,Rd}$: 1400.25 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} : 153.87 MPa

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,Rd}$: 153.87 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura

$k_{y,Rd}$: 0.56

que alcanza el perfil.

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,Rd}$: 1.00

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:

$N_{b,Rd}$: 1208.82 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} : 153.87 MPa

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,Rd}$: 153.87 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,Rd}$: 0.56

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,Rd}$: 1.00

η : Coeficiente de reducción por pandeo.

η_y : 0.86

η_z : 0.88

Siendo:

η_y : 0.67

η_z : 0.65

α : Coeficiente de imperfección elástica.

α_y : 0.49

α_z : 0.49

λ_{rel} : Esbeltez reducida.

$\lambda_{rel,y}$: 0.46

$\lambda_{rel,z}$: 0.43

$k_{\theta,Rd}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{\theta,Rd}$: 1.20

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

N_{cr} : 16900.52 kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: 16900.52 kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 19240.65 kN

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: ?

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.220} \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N72, para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : \underline{25.96} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N72, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H1.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : \underline{27.95} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : \underline{127.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{827.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{153.87} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{153.87} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.56}$$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

η : 0.076 ✓

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 4.335 m del nudo N72, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 4.63 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 60.61 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} : 153.87 MPa

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,Rd}$: 153.87 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,Rd}$: 0.56

$\eta_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\eta_{M,Rd}$: 1.00

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

η : 0.054 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N72, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 13.37 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{247.68} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{27.88} \text{ cm}^2$$

Siendo:

h : Canto de la sección.

$$h : \underline{220.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{153.87} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{153.87} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.56}$$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

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:

$$16.00 \leq 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

$$\lambda_w : \underline{16.00}$$

$\lambda_{máx}$: Esbeltez máxima.

$$\lambda_{máx} : \underline{64.71}$$

η : Factor de reducción.

$$\eta : \underline{0.92}$$

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

$$f_{ref} : \underline{235.00} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{1.91} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{649.77} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{73.14} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{91.00} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{188.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{9.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{153.87} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\beta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\beta} : \underline{153.87} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\beta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\beta} : \underline{0.56}$$

$\xi_{M,\beta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\xi_{M,\beta} : \underline{1.00}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 $V_{c,Rd}$.

13.37 kN \leq 123.84 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p \acute{e} simos se producen para la combinaci3n de acciones PP+0.5·V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de c3lculo p \acute{e} simo. V_{Ed} : 13.37 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de c3lculo. $V_{c,Rd}$: 247.68 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados - Situaci3n de incendio (CTE DB SE-A, Articulo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir la resistencia de c3lculo a flexi3n, ya que el esfuerzo cortante solicitante de c3lculo p \acute{e} simo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de c3lculo a cortante $V_{c,Rd}$.

1.91 kN \leq 324.88 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de c3lculo p \acute{e} simos se producen para la combinaci3n de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de c3lculo p \acute{e} simo. V_{Ed} : 1.91 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de c3lculo. $V_{c,Rd}$: 649.77 kN

Resistencia a flexi3n y axil combinados - Situaci3n de incendio (CTE DB SE-A, Articulo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

η : 0.342 ✓

η : 0.334 ✓

η : 0.270 ✓

Los esfuerzos solicitantes de c3lculo p \acute{e} simos se producen en el nudo N72, para la combinaci3n de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{95.50} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{27.24} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{3.64} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : \underline{1400.25} \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{127.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{60.61} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{91.00} \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : \underline{827.00} \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : \underline{393.90} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{153.87} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,\theta}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,\theta} : \underline{153.87} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,\theta}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,\theta} : \underline{0.56}$$

$\gamma_{M,\theta}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,\theta} : \underline{1.00}$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : \underline{1.02}$$

$$k_z : \underline{1.02}$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

$$C_{m,y} : \underline{1.00}$$

$$C_{m,z} : \underline{1.00}$$

η_y , η_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\eta_y : \underline{0.86}$$

$$\eta_z : \underline{0.88}$$

χ_{fy} , χ_{fz} : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_{fy} : \underline{0.46}$$

$$\chi_{fz} : \underline{0.43}$$

α_y , α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : \underline{0.60}$$

$$\alpha_z : \underline{0.60}$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 PP+0.5·V(180°)H1.

$$13.37 \text{ kN} \leq 123.70 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,z}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,z} : \underline{13.37} \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,z}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,z} : \underline{247.40} \text{ kN}$$

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\leq \underline{0.003} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H3.

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$$M_{T,Rd} : \underline{4.25} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{47.86} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{153.87} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{153.87} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.56}$$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.054} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N72, para la combinación de acciones PP+0.5·V(180°)H1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{13.37} \text{ kN}$$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{T,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$$V_{pl,T,Rd} : \underline{247.40} \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : \underline{247.68} \text{ kN}$$

$\xi_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\xi_{T,Ed} : \underline{0.25} \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : \underline{47.86} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{153.87} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,B}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,B} : \underline{153.87} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,B}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,B} : \underline{0.56}$$

$\xi_{M,B}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\xi_{M,B} : \underline{1.00}$$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

γ : 0.003 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H4.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 1.91 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:

$V_{pl,T,Rd}$: 649.60 kN

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd}$: 649.77 kN

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed}$: 0.06 MPa

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 47.86 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 153.87 MPa

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,Rd}$: 153.87 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,Rd}$: 0.56

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,Rd}$: 1.00

3.5.7.13 Viga soporte climatizador

Barra N129/N130

Perfil: HE 100 A
Material: Acero (S275)

Perfil: HE 100 A								
Material: Acero (S275)								
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas				
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	
	N129	N130	1.500	21.20	349.20	133.80	5.24	
	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.		
	ϕ		1.00	1.00	0.00	0.00		
	L _K		1.500	1.500	0.000	0.000		
	C _m		1.000	1.000	1.000	1.000		
	C ₁		-		1.000			
Notación: ϕ: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico								
Situación de incendio								
Resistencia requerida: R 30								
Factor de forma: 291.00 m-1								
Temperatura máx. de la barra: 504.0 °C								
Pintura intumescente: 1.0 mm								

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - TEMPERATURA AMBIENTE														Estado	
	ϕ	ϕ _w	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z		M _t V _y
N129/N130	ϕ = 2.0 Cumple	N.P. ⁽¹⁾	ϕ < 0.1	ϕ < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0.75 m ϕ = 92.3	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽³⁾	x: 0 m ϕ = 0.1	N.P. ⁽⁴⁾	x: 0 m ϕ < 0.1	x: 0.75 m ϕ = 92.4	x: 0 m ϕ < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	N.P. ⁽⁶⁾	CUMPLE ϕ = 92.4
Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay momento flector que comprima un ala, de forma que se pueda desarrollar el fenómeno de abolladura del alma inducida por el ala comprimida. ⁽²⁾ 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.																
Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A) - SITUACIÓN DE INCENDIO														Estado	
	N _t	N _c	M _y	M _z	V _z	V _y	M _y V _z	M _z V _y	NM _y M _z	NM _y M _z V _y V _z	M _t	M _t V _z	M _t V _y			
N129/N130	ϕ < 0.1	ϕ < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0.75 m ϕ = 84.8	V _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽²⁾	x: 0 m ϕ = 0.1	N.P. ⁽³⁾	x: 0 m ϕ < 0.1	x: 0.75 m ϕ = 84.8	x: 0 m ϕ < 0.1	M _{Ed} = 0.00 N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁵⁾	CUMPLE ϕ = 84.8		
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.																
Notación: N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _y : Resistencia a flexión eje Y M _z : Resistencia a flexión eje Z V _z : Resistencia a corte Z V _y : Resistencia a corte Y M _y V _z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _z V _y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _y M _z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _y M _z V _y V _z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra ϕ: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																

Limitación de esbeltez - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida ϕ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

λ : 0.69 ✓

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 : 21.20 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} : 1232.52 kN

El axil crítico de pandeo elástico **N_{cr}** es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

N_{cr,y} : 3216.70 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

N_{cr,z} : 1232.52 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ?

Donde:

I_y: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : 349.20 cm⁴

I_z: Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : 133.80 cm⁴

I_t: Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 5.24 cm⁴

I_w: Constante de alabeo de la sección.

I_w : 2580.00 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} : 1.500 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

i₀: Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i₀ : 4.77 cm

Siendo:

i_y , i_z: Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : 4.06 cm

i_z : 2.51 cm

y₀ , z₀: Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y₀ : 0.00 mm

z₀ : 0.00 mm

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida - Temperatura ambiente (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector que comprima un ala, de forma que se pueda desarrollar el fenómeno de abolladura del alma inducida por el ala comprimida.

Resistencia a tracción - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\sigma < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP+1.5·V(0°)H3.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{t,Ed} : \underline{0.10} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{555.24} \text{ kN}$$

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

$$A : \underline{21.20} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a compresión - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\sigma < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

$$\sigma < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

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.

$$N_{c,Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{555.24} \text{ kN}$$

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.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{21.20} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{406.57} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{21.20} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{0.92}$$

$$\chi_z : \underline{0.73}$$

Siendo:

$$\chi_y : \underline{0.63}$$

$$\chi_z : \underline{0.86}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

λ_{rel} : Esbeltez reducida.

$$\lambda_{rel,y} : \underline{0.43}$$

$$\lambda_{rel,z} : \underline{0.69}$$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores:

$$N_{cr} : \underline{1232.52} \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.	$N_{cr,y}$: <u>3216.70</u> kN
$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr,z}$: <u>1232.52</u> kN
$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$N_{cr,T}$: <u>?</u>

Resistencia a flexión eje Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión eje Z - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : 0.923 ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.750 m del nudo N129, para la combinación de acciones 1.35·PP.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 9.95 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 10.77 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.

$W_{pl,z}$: 41.14 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

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 - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Y - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N129, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.17} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{260.08} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{17.20} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{21.20} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{80.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

ξ_{Mo} : Coeficiente parcial de seguridad del material.


$$\xi_{Mo} : \underline{1.05}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Temperatura ambiente (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 - Temperatura ambiente (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 $V_{c,Rd}$.

0.17 kN \square 130.04 kN 


Los esfuerzos solicitantes de cálculo p \acute{e} simos se producen en el nudo N129, para la combinaci3n de acciones 1.35-PP.


V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de c3lculo p \acute{e} simo. V_{Ed} : 0.17 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de c3lculo. $V_{c,Rd}$: 260.08 kN

Resistencia a flexi3n y axil combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Art3culo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

\square : 0.924 

\square : 0.923 

Los esfuerzos solicitantes de c3lculo p \acute{e} simos se producen en un punto situado a una distancia de 0.750 m del nudo N129, para la combinaci3n de acciones 1.35-PP+1.5·V(0°)H3.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracci3n solicitante de c3lculo p \acute{e} simo. $N_{t,Ed}$: 0.10 kN

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de c3lculo p \acute{e} simos, seg3n los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed}$: 0.00 kN·m

$M_{z,Ed}$: 9.95 kN·m

Clase: Clase de la secci3n, seg3n la capacidad de deformaci3n y de desarrollo de la resistencia pl3stica de sus elementos planos, para axil y flexi3n simple. **Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracci3n. $N_{pl,Rd}$: 555.24 kN

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexi3n de la secci3n bruta en condiciones pl3sticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{pl,Rd,y}$: 21.74 kN·m

$M_{pl,Rd,z}$: 10.77 kN·m

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Art3culo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de c3lculo p \acute{e} simo. $M_{ef,Ed}$: 0.00 kN·m

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensi3n combinada en la fibra extrema comprimida. $\sigma_{com,Ed}$: 0.00 MPa

$W_{y,com}$: M3dulo resistente de la secci3n referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y. $W_{y,com}$: 83.01 cm³

A: 3rea de la secci3n bruta. A : 21.20 cm²

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$M_{b,Rd,y}$: 21.74 kN·m

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Temperatura ambiente (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N129, para la combinación de acciones 1.35·PP.

0.17 kN \leq 130.04 kN ✓

Donde:

$V_{Ed,y}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,y}$: 0.17 kN

$V_{c,Rd,y}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,y}$: 260.08 kN

Resistencia a torsión - Temperatura ambiente (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 - Temperatura ambiente (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 - Temperatura ambiente (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 tracción - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$\sigma < 0.001$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$: 0.03 kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$$N_{t,Rd} : \underline{447.94} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.
 f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$A : \underline{21.20} \text{ cm}^2$$
$$f_{yd} : \underline{211.29} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{211.29} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.77}$$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

Resistencia a compresión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\sigma < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

$$\sigma < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones PP+0.5·V(270°)H2.

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : \underline{447.94} \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{21.20} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{211.29} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,Rd} : \underline{211.29}$ MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.00}$ MPa

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,Rd} : \underline{0.77}$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,Rd} : \underline{1.00}$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$N_{b,Rd} : \underline{300.44}$ kN

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3. $A : \underline{21.20}$ cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero. $f_{yd} : \underline{211.29}$ MPa

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil. $f_{y,Rd} : \underline{211.29}$ MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) $f_y : \underline{275.00}$ MPa

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{y,Rd} : \underline{0.77}$

$\gamma_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material. $\gamma_{M,Rd} : \underline{1.00}$

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$\chi_y : \underline{0.85}$

$\chi_z : \underline{0.67}$

Siendo:

$\chi_y : \underline{0.69}$

$\chi_z : \underline{0.95}$

α : Coeficiente de imperfección elástica. $\alpha_y : \underline{0.49}$

$\alpha_z : \underline{0.49}$

λ_{rel} : Esbeltez reducida.

$\lambda_{rel,y} : \underline{0.49}$

$\lambda_{rel,z} : \underline{0.79}$

$k_{rel,Rd}$: Factor de incremento de la esbeltez reducida para la temperatura que alcanza el perfil. $k_{rel,Rd} : \underline{1.14}$

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo, obtenido como el menor de los siguientes valores: $N_{cr} : \underline{1232.52}$ kN

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y. $N_{cr,y} : \underline{3216.70}$ kN

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.	$N_{cr,z}$: <u>1232.52</u> kN
$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de pandeo por torsión.	$N_{cr,T}$: <u>?</u>

Resistencia a flexión eje Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a flexión eje Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

η : 0.848 ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.750 m del nudo N129, para la combinación de acciones PP.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 7.37 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 8.69 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.

$W_{pl,z}$: 41.14 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 211.29 MPa

Siendo:

$f_{y,fl}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$f_{y,fl}$: 211.29 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

$k_{y,fl}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$k_{y,fl}$: 0.77

$\gamma_{M,fl}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\gamma_{M,fl}$: 1.00

Resistencia a corte Z - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay esfuerzo cortante.

Resistencia a corte Y - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\xi : \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N129, para la combinación de acciones PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{0.12} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{209.82} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{17.20} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{21.20} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{80.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{5.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{211.29} \text{ MPa}$$

Siendo:

$f_{y,Rd}$: Límite elástico reducido para la temperatura que alcanza el perfil.

$$f_{y,Rd} : \underline{211.29} \text{ MPa}$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

$k_{y,Rd}$: Factor de reducción del límite elástico para la temperatura que alcanza el perfil.

$$k_{y,Rd} : \underline{0.77}$$

$\xi_{M,Rd}$: Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\xi_{M,Rd} : \underline{1.00}$$

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 $V_{c,Rd}$.

$$0.12 \text{ kN} \leq 104.91 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N129, para la combinación de acciones PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.12} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{209.82} \text{ kN}$

Resistencia a flexión y axil combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

Se debe satisfacer:

$$\sigma : \underline{0.848} \quad \checkmark$$

$$\sigma : \underline{0.848} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en un punto situado a una distancia de 0.750 m del nudo N129, para la combinación de acciones PP+0.5·V(0°)H3.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo. $N_{t,Ed} : \underline{0.03} \text{ kN}$

$M_{y,Ed}, M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{y,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$$M_{z,Ed} : \underline{7.37} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple. **Clase** : 1

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción. $N_{pl,Rd} : \underline{447.94} \text{ kN}$

$M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente. $M_{pl,Rd,y} : \underline{17.54} \text{ kN}\cdot\text{m}$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{8.69} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{ef,Ed} : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$\sigma_{com,Ed}$: 0.00 MPa

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$W_{y,com}$: 83.01 cm³

A: Área de la sección bruta.

A : 21.20 cm²


$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$M_{b,Rd,y}$: 17.54 kN·m

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N129, para la combinación de acciones PP.

0.12 kN \leq 104.91 kN 

Donde:

$V_{Ed,y}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed,y}$: 0.12 kN

$V_{c,Rd,y}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd,y}$: 209.82 kN

Resistencia a torsión - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7, y CTE DB SI, Anejo D)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

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 - Situación de incendio (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8, y CTE DB SI, Anejo D)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

3.6 UNIONES

Las uniones se proyectarán de forma coherente con el conjunto de la estructura, lo que supone un comportamiento acorde a las hipótesis supuestas en el análisis global.

Las comprobaciones se ajustan a las prescripciones dispuestas en el apartado 8. Uniones del “Documento Básico SE-A Acero”, tanto resistencia de los medios de uniones como: Atornilladas (SE-A Pag. 64) y Soldadas (SE-A Pag.70)

3.6.1 DATOS GENERALES DE LOS ELEMENTOS DE UNIÓN EN CYPECAD

Tornillería no pretensada

Series de tornillos
 ISD 4014 ISD 4017

Clase de acero de los tornillos
 4.6 5.6 6.8 8.8 10.9

Diámetros disponibles
 M12 M16 M20 M24 M30 M36
 Utilizar diámetros no habituales

Inicialmente, se resuelven las uniones con tornillos sin pretensar, de calidad 8.8. La calidad indica la tensión de límite elástico y la tensión en rotura del acero de los tornillos.

- Resistencia del tornillo a rotura (f_{ub}): 800 N/mm²
- Limite elástico del tornillo (f_{yb}): 640 N/mm²

Tornillería pretensada

Serie de tornillos						
<input type="radio"/> ISO 7411	<input type="radio"/> ISO 7412	<input checked="" type="radio"/> EN 14399-3 (HR)	<input type="radio"/> EN 14399-4 (HV)			
Clase de acero de los tornillos						
<input type="radio"/> 8.8	<input checked="" type="radio"/> 10.9					
Diámetros disponibles						
<input checked="" type="checkbox"/> M12	<input checked="" type="checkbox"/> M16	<input checked="" type="checkbox"/> M20	<input checked="" type="checkbox"/> M24	<input checked="" type="checkbox"/> M27	<input checked="" type="checkbox"/> M30	<input checked="" type="checkbox"/> M36
<input type="checkbox"/> Utilizar diámetros no habituales						
Clase de la superficie de rozamiento (UNE-ENV 1090-1:1997)						
<input type="radio"/> A ($\mu = 0.50$)	<input type="radio"/> B ($\mu = 0.40$)	<input checked="" type="radio"/> C ($\mu = 0.30$)	<input type="radio"/> D ($\mu = 0.20$)			

La unión pretensada requiere de la preparación de la superficie de manera que se mejore la fricción entre el ala del pilar y la placa frontal de la viga. La categoría de preparación de la superficie, considerada es la C con un coeficiente de fricción igual a 0.3. Los requerimientos constructivos para asegurar el coeficiente de fricción 0.3 se definen en la EN1090.

Rigidizadores

Rigidizadores en el extremo de las cartelas

- Disponer siempre en uniones pilar-viga
- Disponer siempre en uniones de cumbrera

Rigidizadores para vigas empotradas en el alma del pilar

- Rigidizadores sin recortes
- Rigidizadores con recortes

En el cálculo automático de la unión, no se propone activar la opción de cálculo con rigidizadores, se hará de manera manual. Además, existe la opción que los rigidizadores incorporen un recorte para ahorrar material y espacio.

3.6.2 RESULTADO UNIONES

3.6.2.1 Tipo 1: Pilar EHB180-Dintel IPE270 (Pórtico 1)

a) Detalle

Chapa frontal de la viga IPE 270 (e = 14 mm)

4 Taladros Ø 18 mm

Sección B - B

Viga HE 100 B

Pilar HE 180 B

Viga IPE 270

Sección A - A

Rigidizador 152x85x11

Chapa 160x300x14

Viga IPE 270

Pilar HE 180 B

ISO 4014-M16x65-8.8
ISO 4032-M16-8
2 ISO 7089-16-200 HV

Sección D - D

Chapa lateral 110x55x8

Viga HE 100 B

ISO 4017-M12x35-8.8
ISO 4032-M12-8
2 ISO 7089-12-200 HV

Sección C - C

Rigidizador 152x85x11

Chapa lateral 110x55x8

Chapa 160x300x14

Viga IPE 270

Rigidizador 152x85x11

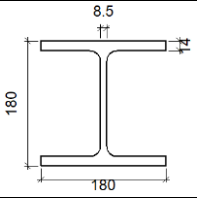
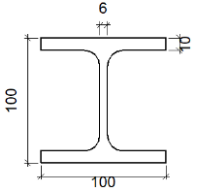
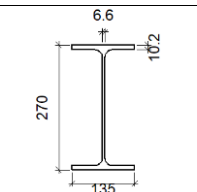
Viga HE 100 B

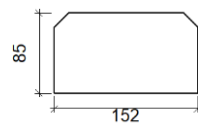
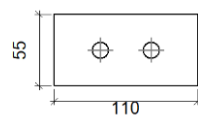
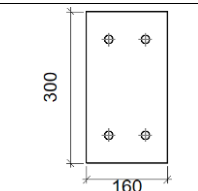
d1. Detalle de soldaduras: rigidizadores a Pilar HE 180 B

Chapa lateral de la viga HE 100 B (e = 8 mm)

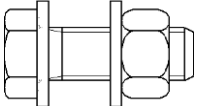
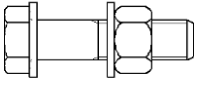
2 Taladros Ø 13 mm

b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 180 B		180	180	14	8.5	S275	275.0	410.0
Viga	HE 100 B		100	100	10	6	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 270		270	135	10.2	6.6	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		152	85	11	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa lateral: Viga HE 100 B		110	55	8	2	13	S275	275.0	410.0
Chapa frontal: Viga IPE 270		160	300	14	4	18	S275	275.0	410.0

Elementos de tornillería		
Descripción	Geometría	Acero

	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ISO 4017-M12x35-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	35	8.8	640.0	800.0
ISO 4014-M16x65-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	65	8.8	640.0	800.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 180 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	27.63	
	Cortante	kN	81.77	319.20	25.62	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	25.89	261.90	9.88	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	47.70	261.90	18.21	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	29.33	261.90	11.20	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	43.44	261.90	16.59	
Ala	Desgarro	N/mm ²	48.73	261.90	18.61	
	Cortante	N/mm ²	41.54	261.90	15.86	
Viga IPE 270	Ala	Tracción por flexión	kN	76.69	180.86	42.40
		Tracción	kN	16.62	234.73	7.08
	Alma	Tracción	kN	43.43	135.25	32.11
Viga HE 100 B	Alma	Punzonamiento	kN	33.59	210.77	15.94
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	33.61	59.25	56.72

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	70	11.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	122	8.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	5	70	11.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	122	8.5	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	5	70	11.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	122	8.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	5	70	11.0	90.00	

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	122	8.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	σ _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	18.9	18.9	5.8	39.0	10.11	18.9	5.75	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	19.3	33.4	8.67	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	32.1	32.1	15.3	69.4	17.98	32.1	9.78	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	28.6	49.5	12.82	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	22.0	22.0	5.1	44.8	11.61	22.0	6.70	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	22.2	38.4	9.95	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	28.2	28.2	15.3	62.2	16.12	28.2	8.59	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	25.8	44.6	11.56	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga IPE 270

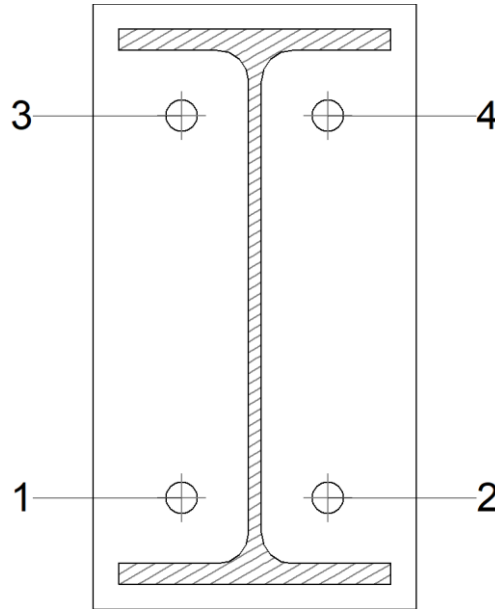
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	76.69	177.82	43.13
Ala	Compresión	kN	60.84	367.78	16.54
	Tracción	kN	20.01	180.32	11.10
Alma	Tracción	kN	36.65	133.71	27.41

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	En ángulo	5	135	10.2	78.69				
Soldadura del alma	En ángulo	3	224	6.6	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	5	135	10.2	78.69				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	σ _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	37.6	45.8	1.8	87.8	22.76	37.6	11.45	410.0	0.85
Soldadura del alma	72.9	72.9	8.6	146.5	37.97	72.9	22.22	410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	$\sigma_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala inferior	72.3	59.3	12.0	127.3	33.00	72.3	22.05	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición								
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)	
1	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	44	189	73	32.0	
2	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	44	189	73	32.0	
3	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	44	189	73	32.0	
4	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	44	189	73	32.0	

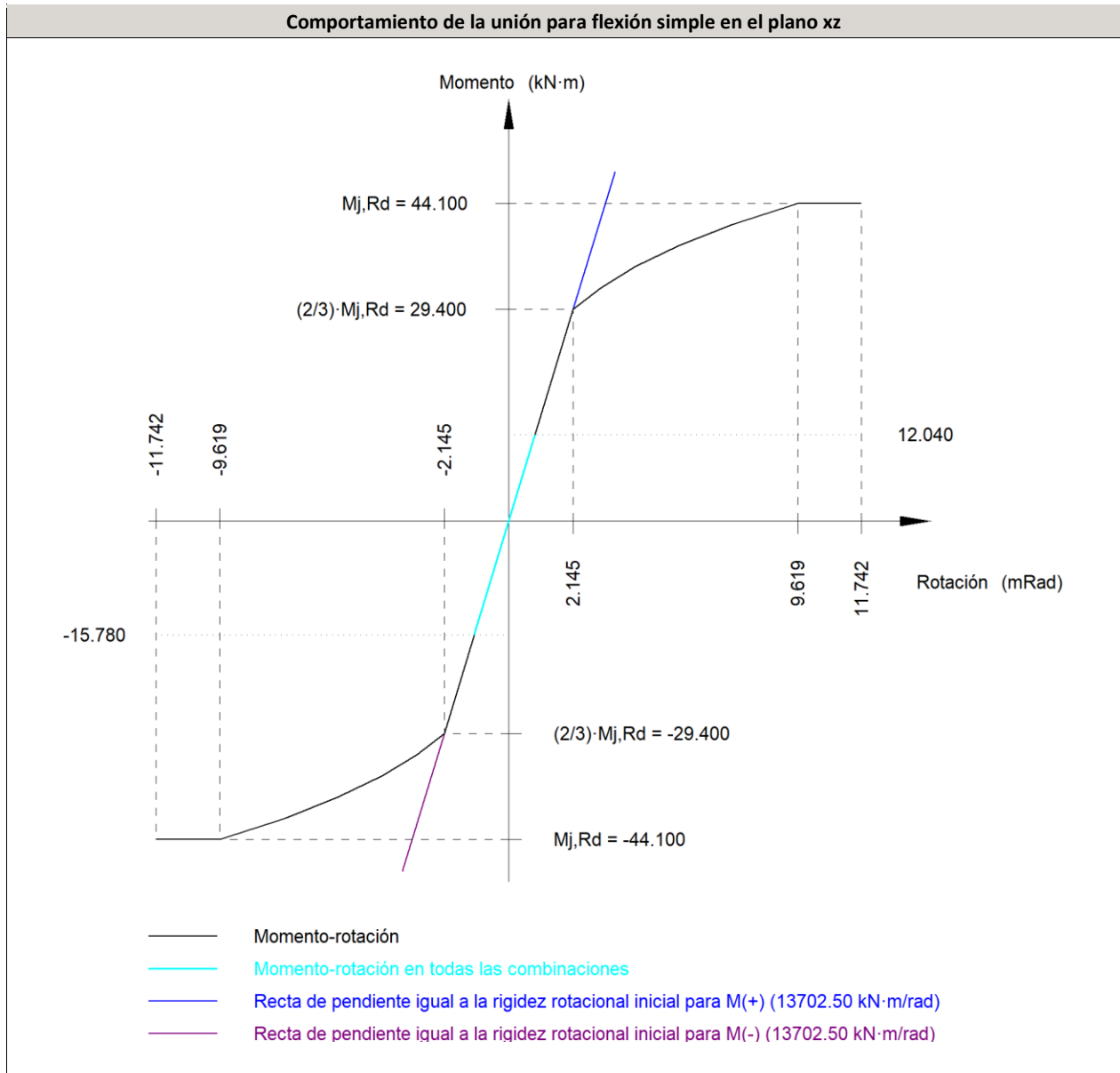
--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	10.212	64.340	15.87	Vástago	39.002	90.432	43.13	44.09	44.09
	Aplastamiento	10.212	183.680	5.56	Punzonamiento	39.002	219.639	17.76		
2	Sección transversal	9.584	64.340	14.90	Vástago	38.455	90.432	42.52	42.47	42.52
	Aplastamiento	9.584	149.107	6.43	Punzonamiento	38.455	219.639	17.51		
3	Sección transversal	4.547	64.340	7.07	Vástago	24.453	90.432	27.04	23.21	27.04
	Aplastamiento	4.547	183.680	2.48	Punzonamiento	24.453	219.639	11.13		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante Aprov. (%)	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
4	Sección transversal	4.898	64.340	7.61	Vástago	24.702	90.432	27.32	22.18	27.32
	Aplastamiento	4.898	170.576	2.87	Punzonamiento	24.702	219.639	11.25		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	6920.16	13702.50
Calculada para momentos negativos	6920.16	13702.50

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.78	1.80	99.07
Momento resistente	kNm	15.78	44.10	35.79
Capacidad de rotación	mRad	98.037	667	14.71

3) Viga HE 100 B

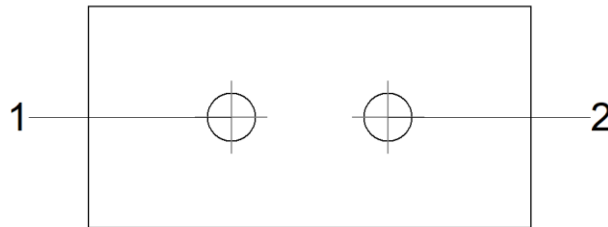
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.91
	Tensiones combinadas	--	--	--	32.65
	Pandeo local	N/mm ²	85.48	241.30	35.42

	Aplastamiento	kN	16.81	59.04	28.47
	Desgarro	kN	33.61	50.81	66.15
Alma	Aplastamiento	kN	16.82	44.30	37.97
	Desgarro	kN	33.61	109.33	30.74

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	55	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	σ_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	$\sigma_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	43.2	43.2	0.7	86.4	22.40	43.2	13.17	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	28	26	--	39	27.5
2	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	28	36	--	39	27.5

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante Aprov. (%)	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	16.828	26.976	62.38	Vástago	0.000	48.557	0.00	62.38	62.38
	Aplastamiento	16.828	71.515	23.53	Punzonamiento	0.000	70.538	0.00		
2	Sección transversal	16.808	26.976	62.31	Vástago	0.000	48.557	0.00	62.31	62.31
	Aplastamiento	16.808	59.038	28.47	Punzonamiento	0.000	70.538	0.00		

d) Medición

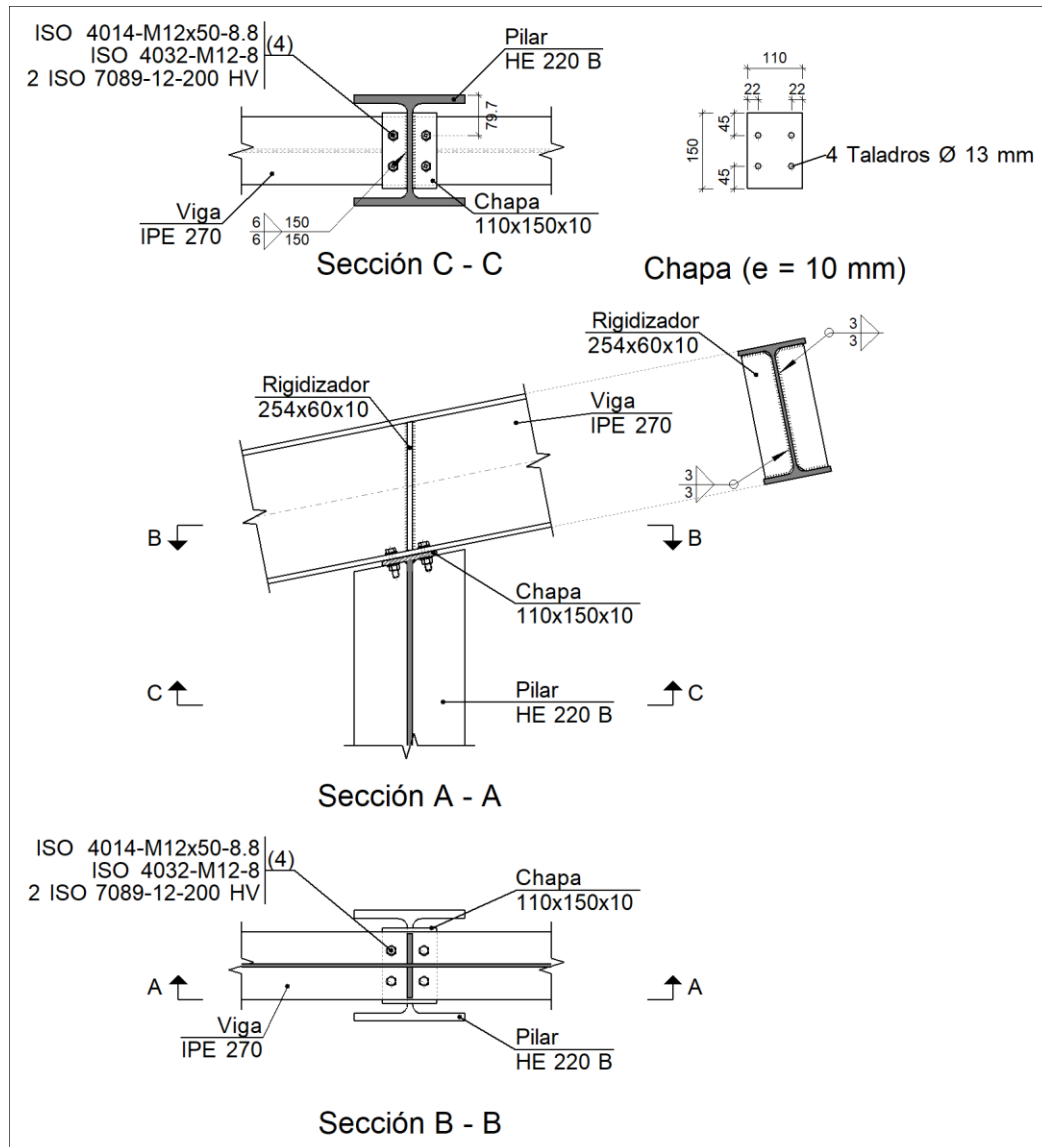
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	448
			4	976
			5	1738

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	152x85x11	4.46
	Chapas	1	110x55x8	0.38
		1	160x300x14	5.28
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4014-M16x65
		2	ISO 4017-M12x35
Tuercas	Clase 8	2	ISO 4032-M12
		4	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-12
		8	ISO 7089-16

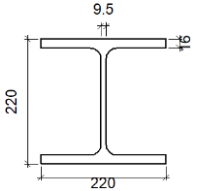
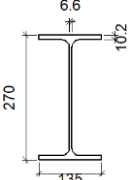
3.6.2.2 Tipo 2: Pilarillo EHB220-Dintel IPE270 (Portico 1)

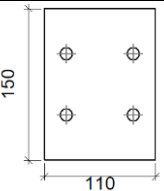
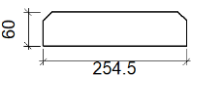
a) Detalle

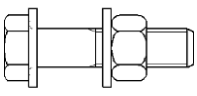


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles		
Pieza	Descripción	Geometría
		Acero

		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 220 B		220	220	16	9.5	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 270		270	135	10.2	6.6	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Chapa frontal		110	150	10	4	13	S275	275.0	410.0
Rigidizador		254.5	60	10	-	-	S275	275.0	410.0

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ISO 4014-M12x50-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	50	8.8	640.0	800.0

c) Comprobación

1) Viga IPE 270

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)

Rigidizadores	Cortante	kN	43.07	369.78	11.65
	Tracción	kN	43.07	130.95	32.89
Ala	Tracción por flexión	kN	11.86	92.00	12.89
	Aplastamiento	kN	4.76	56.27	8.46

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador al alma	En ángulo	3	225	6.6	90.00	
Soldadura del rigidizador a las alas	En ángulo	3	42	6.6	78.69	

*a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	σ _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador al alma	0.0	0.0	32.0	55.4	14.35	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador a las alas	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Pilar HE 220 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	N/mm ²	0.00	0.15	2.63
	Desgarro	kN	20.65	375.00	5.51
	Tensiones combinadas	--	--	--	25.32
Ala	Tracción por flexión	kN	11.86	51.90	22.86
Alma	Pandeo local	N/mm ²	66.22	261.90	25.28

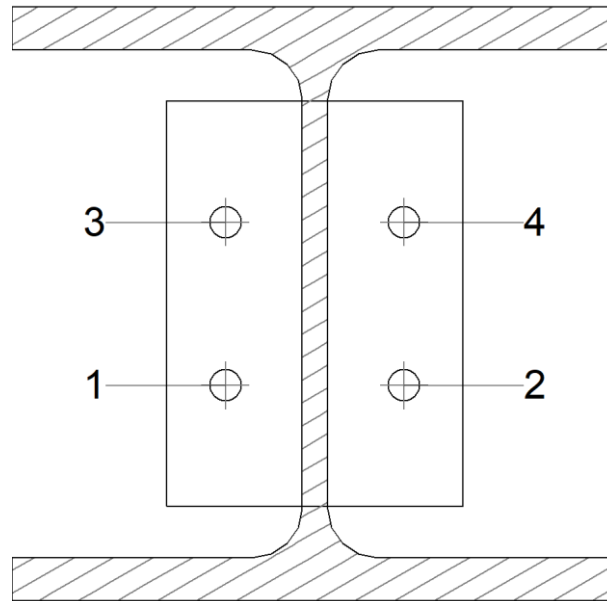
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del alma	En ángulo	6	150	9.5	78.69	

*a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	σ _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	21.0	42.3	0.3	76.2	19.74	42.3	12.89	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición								
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)	
1	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	45	22	61	66	21.9	
2	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	45	22	61	66	21.9	
3	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	45	22	61	66	21.9	
4	ISO 4014-M12x50-8.8	13.0	45	22	61	66	21.9	

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	5.243	36.191	14.49	Vástago	7.011	48.557	14.44	23.02	23.02
	Aplastamiento	4.762	55.169	8.63	Punzonamiento	7.011	117.563	5.96		
2	Sección transversal	5.243	36.191	14.49	Vástago	7.011	48.557	14.44	23.02	23.02
	Aplastamiento	5.135	92.932	5.53	Punzonamiento	7.011	117.563	5.96		
3	Sección transversal	5.243	36.191	14.49	Vástago	9.502	48.557	19.57	26.16	26.16
	Aplastamiento	4.762	55.169	8.63	Punzonamiento	9.502	117.563	8.08		
4	Sección transversal	5.243	36.191	14.49	Vástago	9.502	48.557	19.57	26.16	26.16
	Aplastamiento	5.135	92.932	5.53	Punzonamiento	9.502	117.563	8.08		

d) Medición

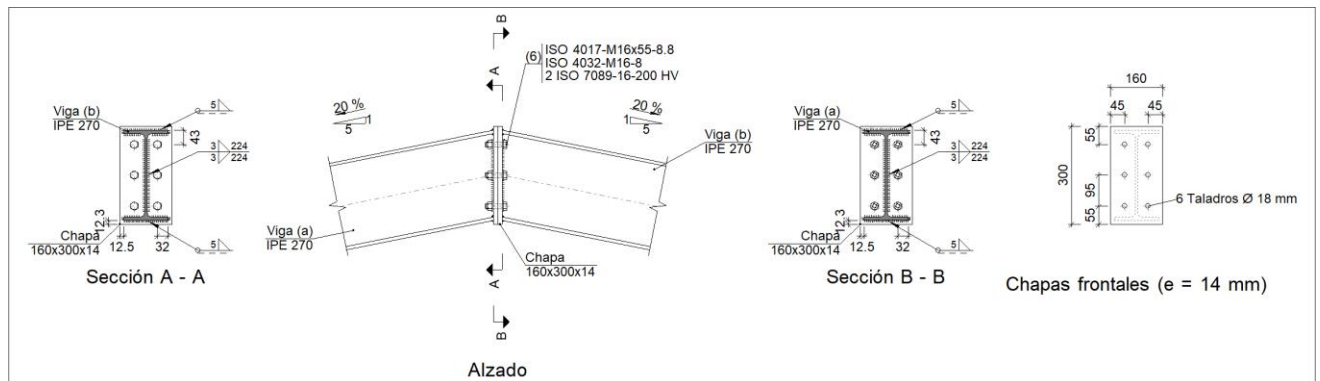
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	1258
			6	300

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	2	254x60x10	2.40
	Chapas	1	110x150x10	1.30
	Total			

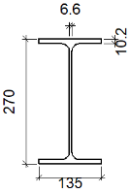
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4014-M12x50
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-12

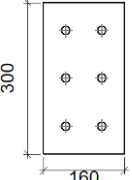
3.6.2.3 Tipo 3: Dintel IPE270 (Pórtico 1)

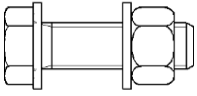
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Viga	IPE 270		270	135	10.2	6.6	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Chapa frontal		160	300	14	6	18	S275	275.0	410.0

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ISO 4017-M16x55-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	55	8.8	640.0	800.0

c) Comprobación

1) Viga (a) IPE 270

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	168.39	179.11	94.01
Ala	Aplastamiento	kN	241.24	367.78	65.59
	Tracción	kN	43.26	180.32	23.99
Alma	Tracción	kN	81.87	128.03	63.95

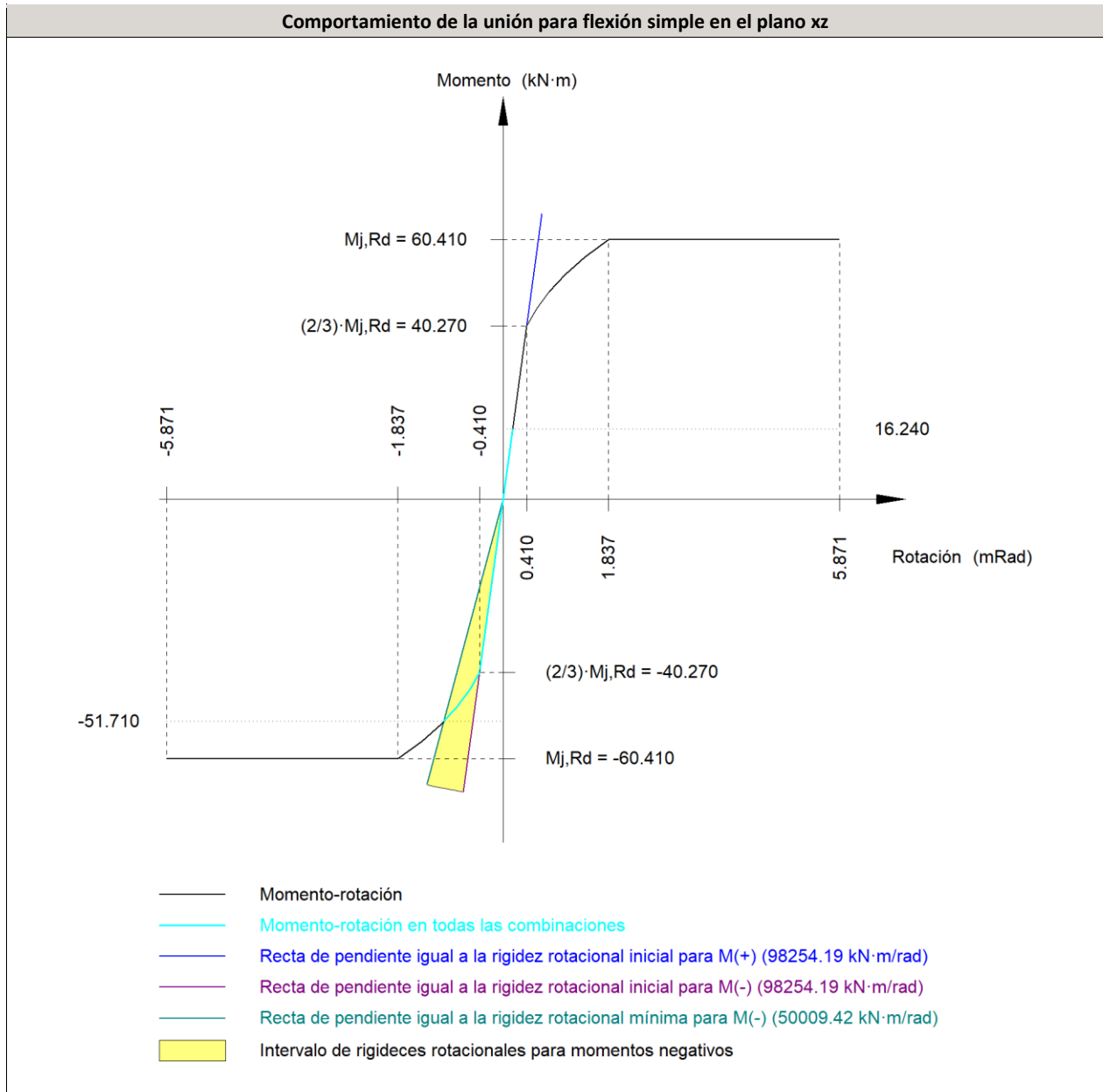
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas

Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del ala superior	En ángulo	5	135	10.2	78.69				
Soldadura del alma	En ángulo	3	224	6.6	90.00				
Soldadura del ala inferior	En ángulo	5	135	10.2	78.69				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	σ_w
	σ_x (N/mm ²)	σ_y (N/mm ²)	σ_z (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_n (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	106.8	130.3	1.0	249.7	64.70	124.4	37.92	410.0	0.85
Soldadura del alma	184.2	184.2	0.3	368.3	95.45	184.2	56.15	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	130.2	158.8	0.0	304.3	78.86	138.6	42.24	410.0	0.85

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	16526.23	98254.19
Calculada para momentos negativos	16526.23	98254.19

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.78	1.80	99.07
Momento resistente	kNm	51.71	60.41	85.61
Capacidad de rotación	mRad	176.137	667	26.42

2) Viga (b) IPE 270

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	168.39	179.11	94.01

Ala	Compresión	kN	241.24	367.78	65.59
	Tracción	kN	43.26	180.32	23.99
Alma	Tracción	kN	81.87	128.03	63.95

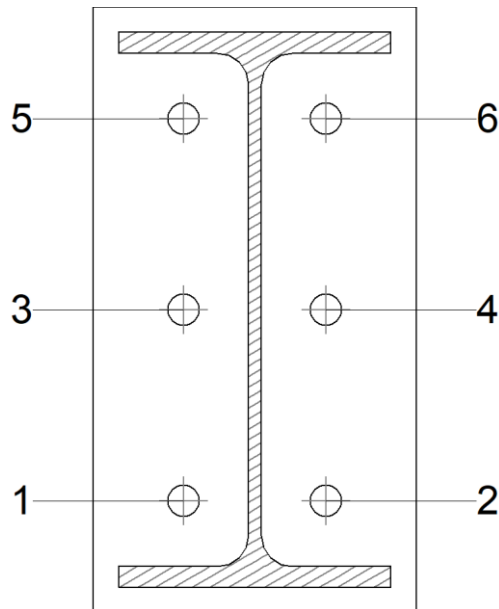
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	5	135	10.2	78.69	
Soldadura del alma	En ángulo	3	224	6.6	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	5	135	10.2	78.69	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	β_{\perp} (N/mm ²)	β_{\parallel} (N/mm ²)	$\beta_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	β_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	106.8	130.3	0.3	249.7	64.70	124.4	37.92	410.0	0.85
Soldadura del alma	184.2	184.2	0.3	368.3	95.45	184.2	56.15	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	130.2	158.8	0.0	304.3	78.86	138.6	42.24	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)

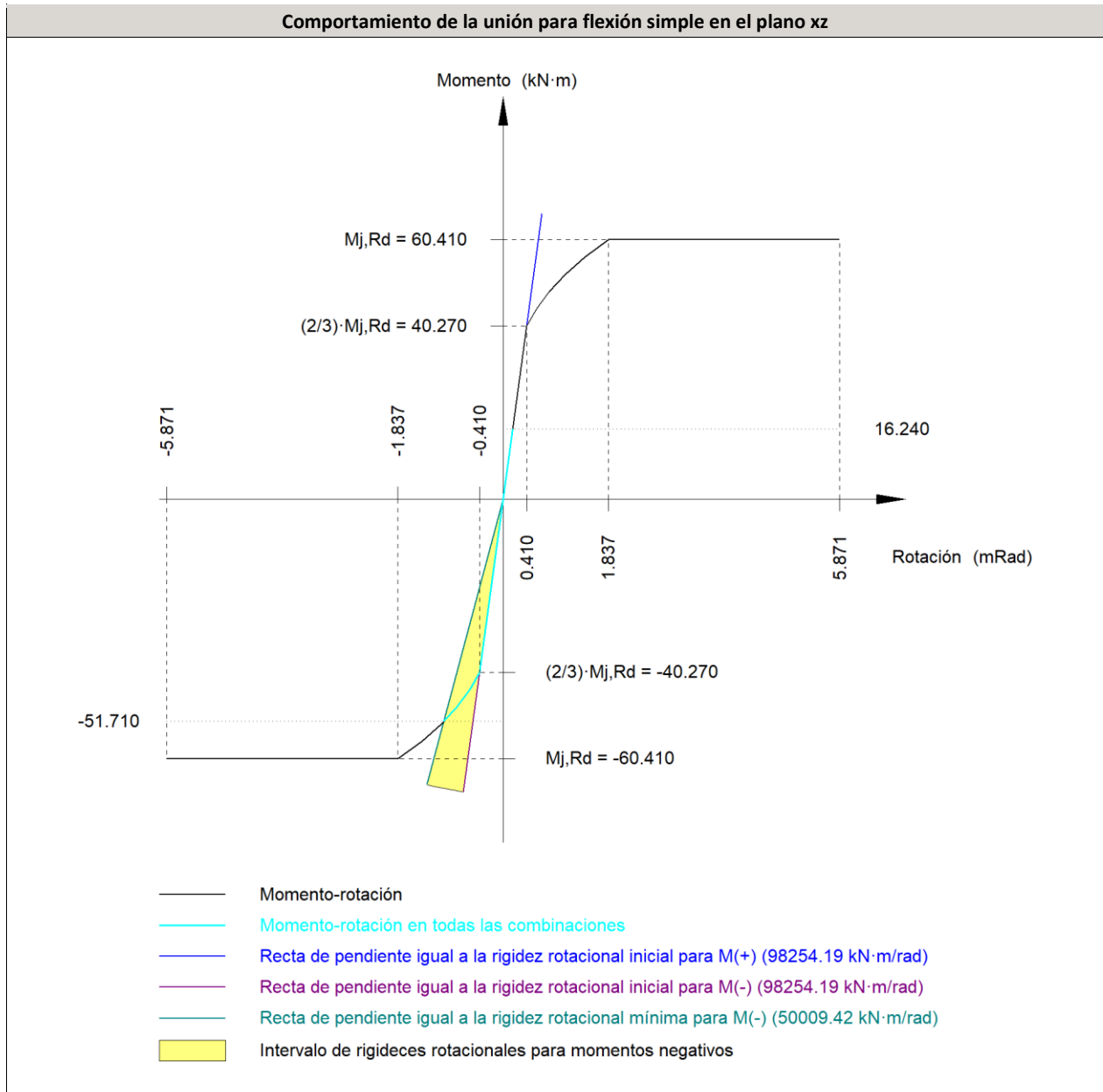
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	45	95	71	32.0
2	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	45	95	71	32.0
3	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	45	95	71	32.0
4	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	45	95	71	32.0
5	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	45	95	71	32.0
6	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	45	95	71	32.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	0.909	50.240	1.81	Vástago	85.018	90.432	94.01	67.30	94.01
	Aplastamiento	0.909	183.680	0.50	Punzonamiento	85.018	219.639	38.71		
2	Sección transversal	0.450	50.240	0.90	Vástago	84.854	90.432	93.83	67.17	93.83
	Aplastamiento	0.450	170.676	0.26	Punzonamiento	84.854	219.639	38.63		
3	Sección transversal	0.479	50.240	0.95	Vástago	58.564	90.432	64.76	46.41	64.76
	Aplastamiento	0.469	169.984	0.28	Punzonamiento	58.564	219.639	26.66		
4	Sección transversal	0.542	50.240	1.08	Vástago	58.352	90.432	64.53	46.24	64.53
	Aplastamiento	0.542	164.188	0.33	Punzonamiento	58.352	219.639	26.57		
5	Sección transversal	0.599	50.240	1.19	Vástago	27.495	90.432	30.40	22.78	30.40
	Aplastamiento	0.574	163.330	0.35	Punzonamiento	27.495	219.639	12.52		
6	Sección transversal	1.692	50.240	3.37	Vástago	34.422	90.432	38.06	27.19	38.06
	Aplastamiento	1.692	183.680	0.92	Punzonamiento	34.422	219.639	15.67		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	16526.23	98254.19
Calculada para momentos negativos	16526.23	98254.19

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.78	1.80	99.07
Momento resistente	kNm	51.71	60.41	85.61
Capacidad de rotación	mRad	176.137	667	26.42

d) Medición

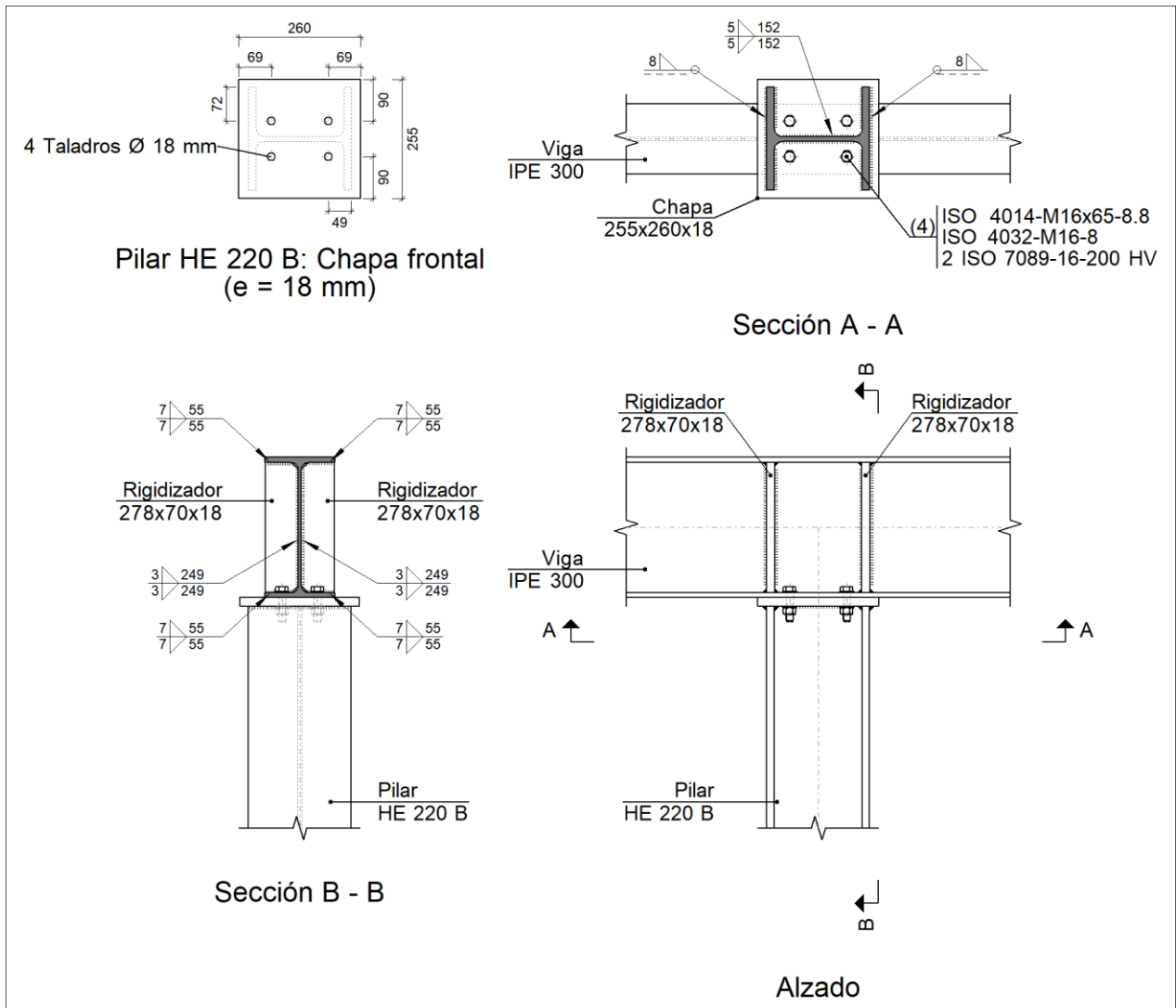
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	896
			5	1017

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	2	160x300x14	10.55
				Total

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	6	ISO 4017-M16x55
Tuercas	Clase 8	6	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	12	ISO 7089-16

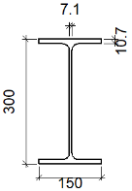
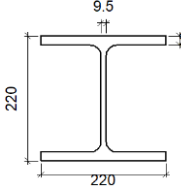
3.6.2.4 Tipo4: Pilarillo EHB220-Viga puerta principal IPE300

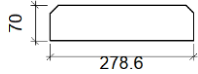
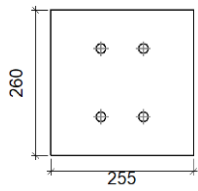
a) Detalle

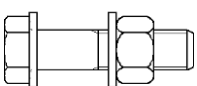


b) Descripción de los componentes de la unión

		Perfiles					Acero		
Pieza	Descripción	Geometría					Tipo	f _y (MPa)	f _u (MPa)
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)			

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)
Viga	IPE 300		300	150	10.7	7.1	S275	275.0	410.0
Pilar	HE 220 B		220	220	16	9.5	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		278.6	70	18	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa frontal: Pilar HE 220 B		255	260	18	4	18	S275	275.0	410.0

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ISO 4014-M16x65-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	65	8.8	640.0	800.0

c) Comprobación

1) Viga IPE 300

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	60.64	
	Cortante	kN	61.70	289.87	21.29	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	27.44	261.90	10.48	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	27.20	261.90	10.39	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	26.93	261.90	10.28	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	27.42	261.90	10.47	
Ala	Cortante	N/mm ²	15.56	261.90	5.94	
Pilar HE 220 B	Ala	Tracción por flexión	kN	68.15	145.11	46.96
		Tracción	kN	15.70	346.74	4.53
	Alma	Tracción	kN	36.73	119.75	30.67

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	55	10.7	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	249	7.1	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	55	10.7	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	249	7.1	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	55	10.7	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	249	7.1	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	55	10.7	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	249	7.1	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/mm ²)	σ _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ _{∥∥} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	24.9	24.9	0.1	49.9	12.93	24.9	7.60	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	18.2	31.5	8.17	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	24.7	24.7	0.1	49.5	12.82	24.7	7.54	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	18.1	31.3	8.10	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	24.5	24.5	0.1	49.0	12.69	24.5	7.46	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	17.9	31.0	8.02	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	24.9	24.9	0.1	49.9	12.92	24.9	7.60	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	18.2	31.5	8.17	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Pilar HE 220 B

Comprobaciones de resistencia

Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	68.15	180.86	37.68
Ala	Compresión	kN	81.58	628.57	12.98
	Tracción	kN	18.24	332.02	5.49
Alma	Tracción	kN	31.65	178.64	17.71

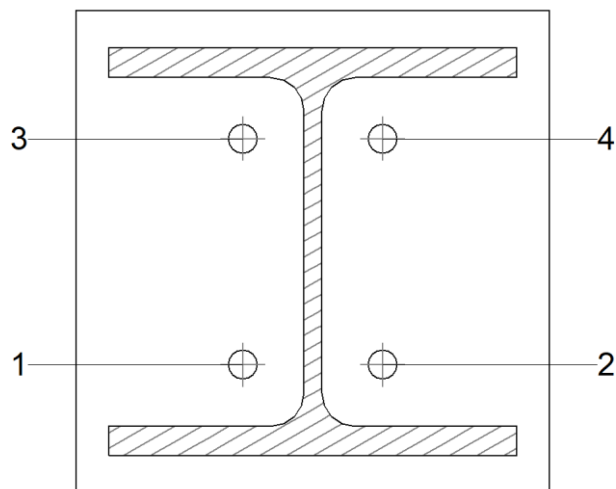
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	8	220	16.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	5	152	9.5	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	8	220	16.0	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/mm ²)	σ_w
	σ_{\parallel} (N/mm ²)	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{45} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	24.3	24.3	0.0	48.5	12.58	24.3	7.40	410.0	0.85
Soldadura del alma	40.1	40.1	3.2	80.3	20.82	40.1	12.22	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	25.0	25.0	0.1	50.1	12.98	25.0	7.63	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



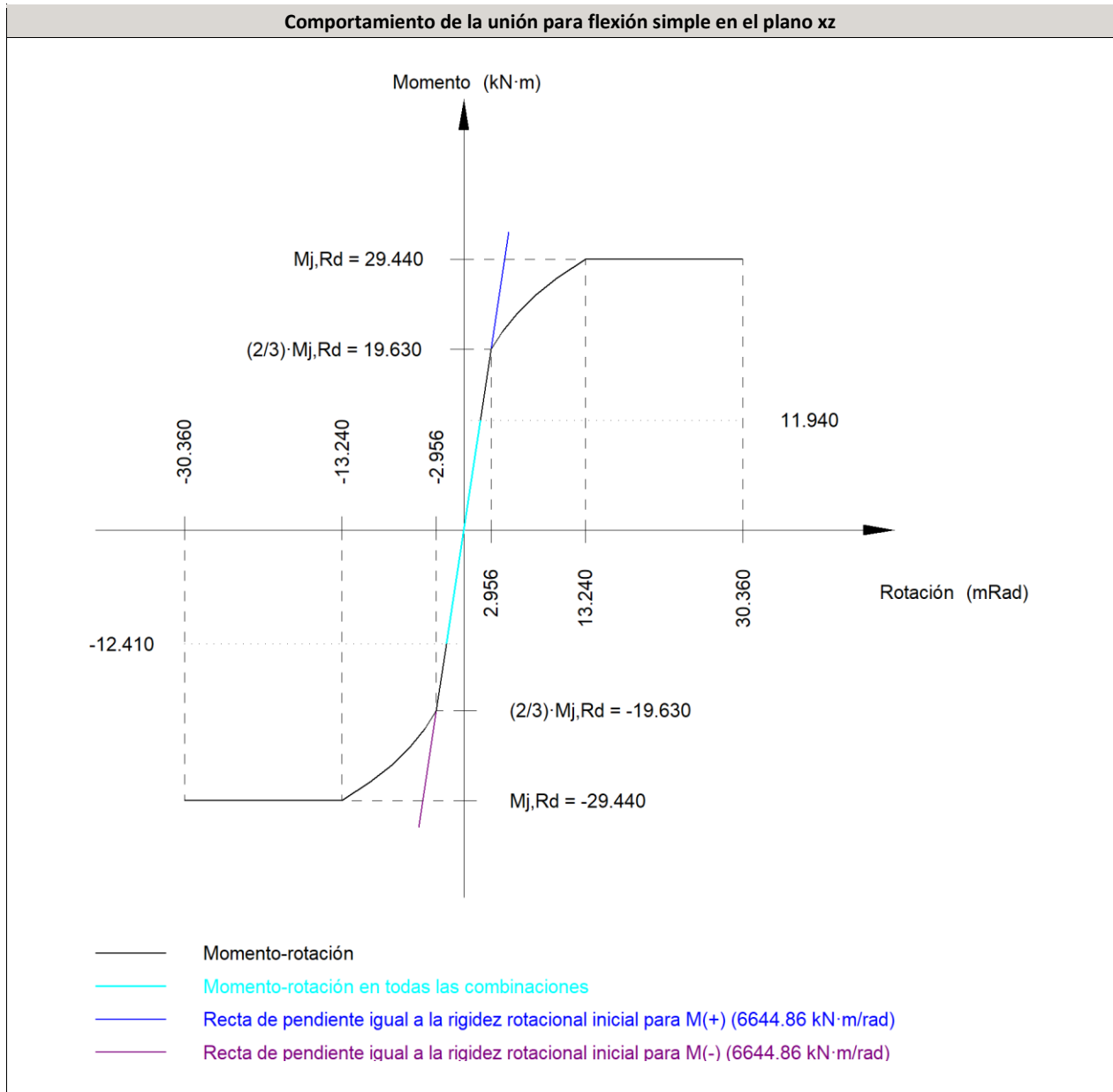
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	37	122	76	33.0
2	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	37	122	76	33.0
3	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	37	122	76	33.0
4	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	--	37	122	76	33.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	1.275	64.340	1.98	Vástago	42.455	90.432	46.95	35.50	46.95
	Aplastamiento	1.275	140.008	0.91	Punzonamiento	42.455	167.867	25.29		
2	Sección transversal	1.299	64.340	2.02	Vástago	42.469	90.432	46.96	35.43	46.96
	Aplastamiento	1.299	140.384	0.93	Punzonamiento	42.469	167.867	25.30		
3	Sección transversal	1.294	64.340	2.01	Vástago	41.146	90.432	45.50	34.35	45.50
	Aplastamiento	1.294	137.854	0.94	Punzonamiento	41.146	167.867	24.51		
4	Sección transversal	1.263	64.340	1.96	Vástago	41.154	90.432	45.51	34.33	45.51
	Aplastamiento	1.263	140.384	0.90	Punzonamiento	41.154	167.867	24.52		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	13764.51	6644.86
Calculada para momentos negativos	13764.51	6644.86

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.04	1.80	57.87
Momento resistente	kNm	12.41	29.44	42.14
Capacidad de rotación	mm	10.70	9.82	108.91

d) Medición

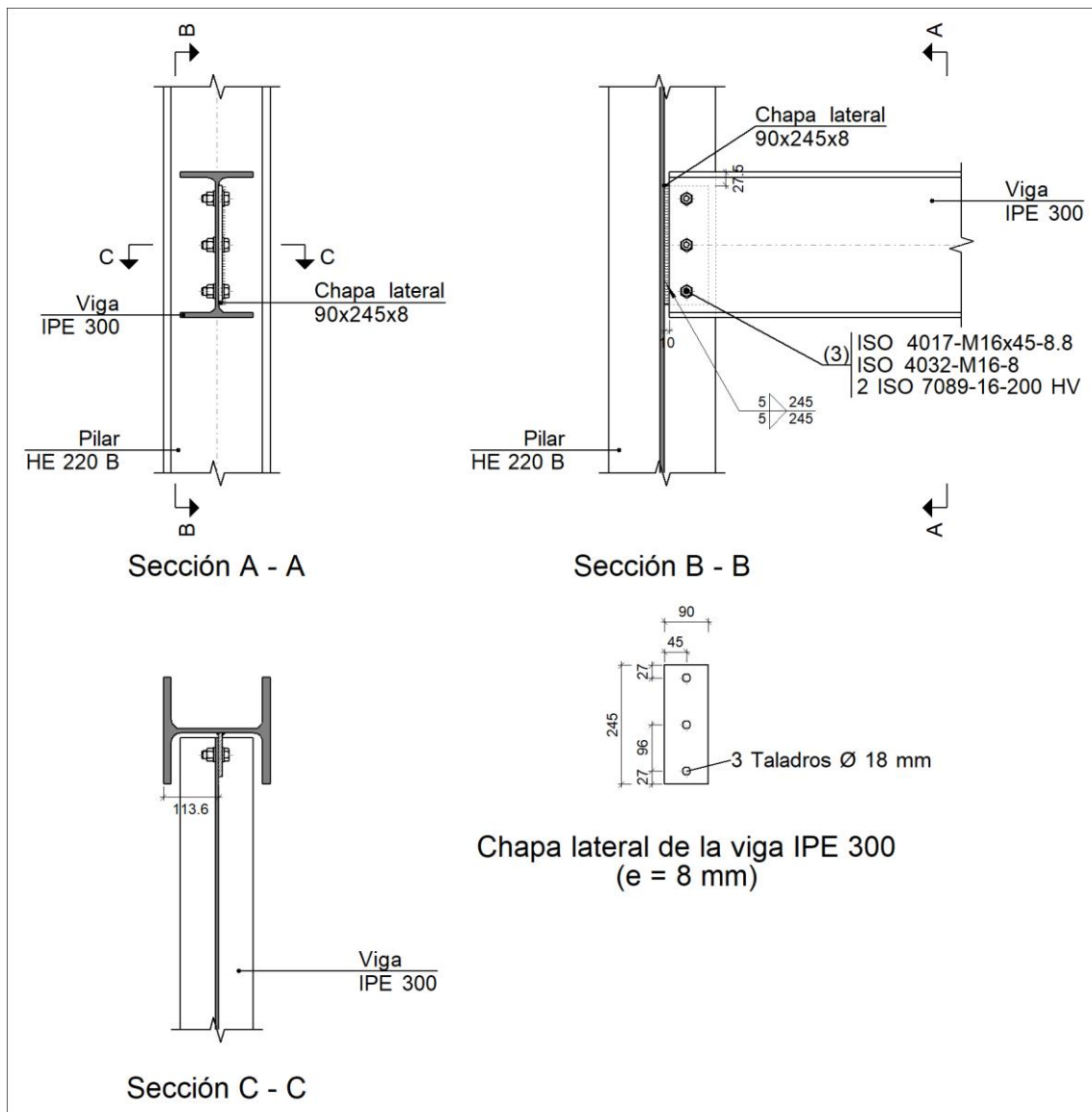
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	1989
			5	304
			7	880
			8	853

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	278x70x18	11.02
	Chapas	1	255x260x18	9.37
				Total

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4014-M16x65
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-16

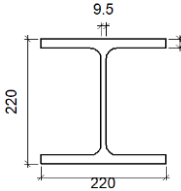
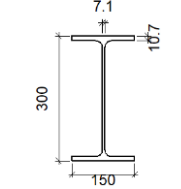
3.6.2.5 Tipo 5: Pilar EHB220-Viga puerta principal IPE300

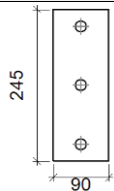
a) Detalle

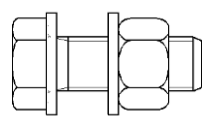


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles								
Pieza	Descripción	Geometría					Acero	
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f _y (MPa)

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 220 B		220	220	16	9.5	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 300		300	150	10.7	7.1	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Chapa lateral: Viga IPE 300		90	245	8	3	18	S275	275.0	410.0

Elementos de tornillería							
Descripción	Geometría			Acero			
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (MPa)	f_u (MPa)	
ISO 4017-M16x45-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	45	8.8	640.0	800.0	

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Viga IPE 300	Punzonamiento	kN	6.50	946.02	0.69	
	Flexión por fuerza perpendicular	kN	6.52	182.30	3.58	

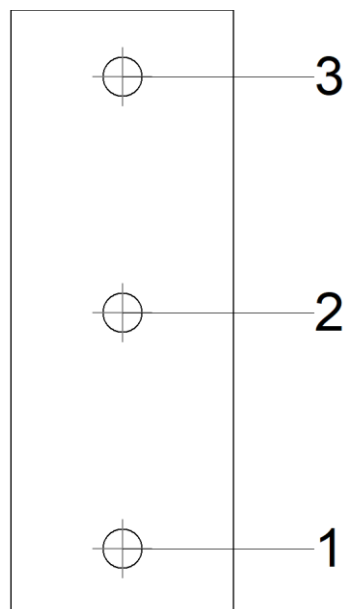
2) Viga IPE 300

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.24
	Tensiones combinadas	--	--	--	6.75
	Pandeo local	N/mm ²	2.19	228.15	0.96
	Aplastamiento	kN	2.68	83.59	3.21
	Desgarro	kN	6.82	231.05	2.95
Alma	Aplastamiento	kN	2.68	61.33	4.38
	Desgarro	kN	6.80	282.00	2.41

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	245	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	I _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ _{∥∥} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	1.7	2.1	0.8	4.2	1.09	2.1	0.64	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	27	35	96	--	27.0
2	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	--	35	96	--	45.0
3	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	27	35	96	--	27.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	2.684	50.240	5.34	Vástago	0.529	90.432	0.59	5.76	5.76
	Aplastamiento	2.684	83.587	3.21	Punzonamiento	0.529	111.388	0.48		
2	Sección transversal	2.262	50.240	4.50	Vástago	0.529	90.432	0.59	4.92	4.92
	Aplastamiento	2.262	88.463	2.56	Punzonamiento	0.529	111.388	0.48		
3	Sección transversal	1.849	50.240	3.68	Vástago	0.529	90.432	0.59	4.08	4.08
	Aplastamiento	1.849	88.970	2.08	Punzonamiento	0.529	111.388	0.48		

d) Medición

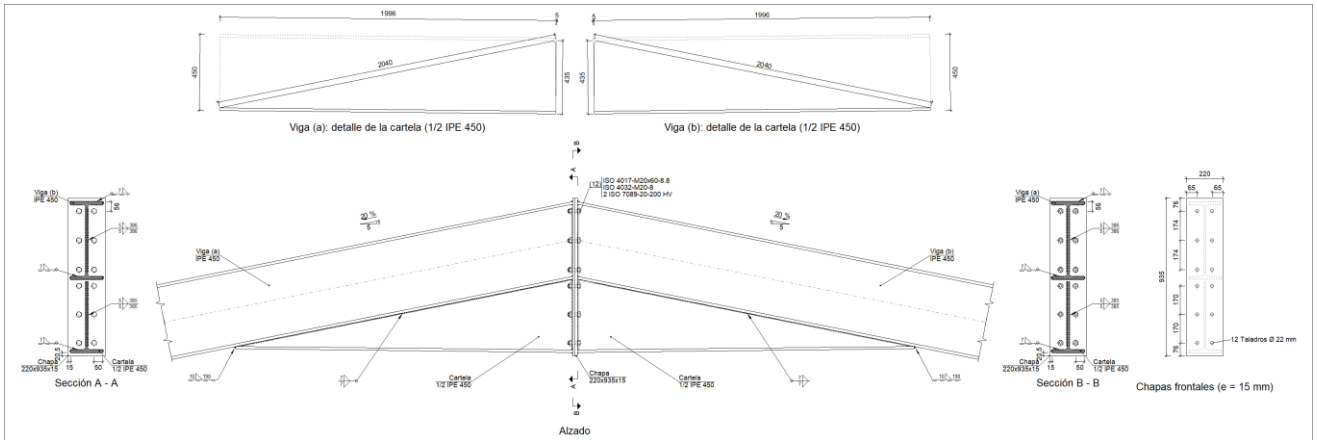
Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	5	490

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	90x245x8	1.38
				Total

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	3	ISO 4017-M16x45
Tuercas	Clase 8	3	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	6	ISO 7089-16

3.6.2.6 Tipo 6: Dintel IPE450 (Pórtico centrales)

a) Detalle

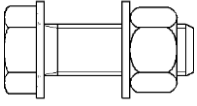


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Viga	IPE 450		450	190	14.6	9.4	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Esquema	Geometría			Taladros		Acero		
		Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Chapa frontal		220	935	15	12	22	S275	275.0	410.0

Elementos de tornillería

Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ISO 4017-M20x60-8.8 ISO 4032-M20-8 2 ISO 7089-20-200 HV		M20	60	8.8	640.0	800.0

c) Comprobación

1) Viga (a) IPE 450

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	119.45	255.95	46.67
Ala	Aplastamiento	kN	319.34	740.91	43.10
	Tracción	kN	30.82	363.28	8.48
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	25.38	418.23	6.07
	Tracción	kN	90.47	295.78	30.59

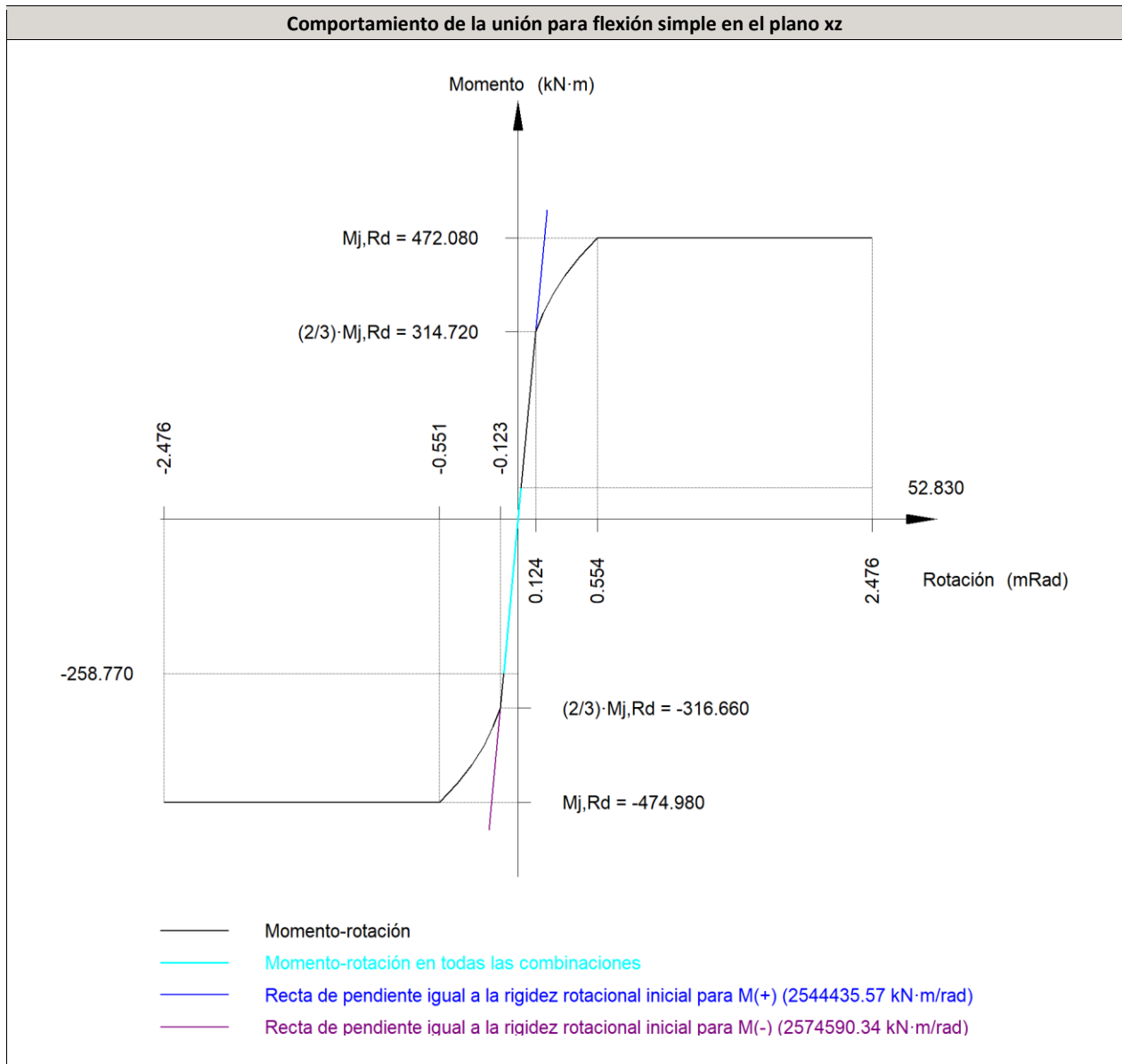
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	190	14.6	78.69	
Soldadura del alma	En ángulo	5	386	9.4	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	190	14.6	78.69	
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	5	400	9.4	90.00	
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	7	190	14.6	89.40	
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	7	2040	9.4	90.00	
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	10	190	14.6	78.09	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	σ_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	59.7	72.8	0.7	139.5	36.16	69.6	21.22	410.0	0.85
Soldadura del alma	61.0	61.0	0.4	122.0	31.63	61.0	18.60	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	17.7	21.6	0.4	41.4	10.72	21.5	6.54	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	56.9	56.9	0.4	113.8	29.49	56.9	17.34	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	54.8	55.3	0.1	110.4	28.61	54.8	16.70	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	1.8	3.1	0.80	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	La comprobación no procede.							410.0	0.85

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	72556.01	2544435.57
Calculada para momentos negativos	72556.01	2574590.34



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.31	1.80	72.88
Momento resistente	kNm	258.77	474.98	54.48
Capacidad de rotación	mRad	40.595	667	6.09

2) Viga (b) IPE 450

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	119.45	255.95	46.67
Ala	Compresión	kN	319.34	740.91	43.10
	Tracción	kN	30.82	363.28	8.48
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	24.78	418.23	5.93
	Tracción	kN	90.47	295.78	30.59

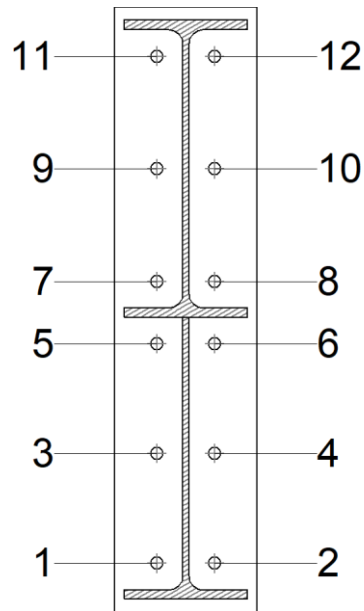
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	190	14.6	78.69	
Soldadura del alma	En ángulo	5	386	9.4	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	190	14.6	78.69	
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	5	400	9.4	90.00	
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	7	190	14.6	89.40	
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	7	2040	9.4	90.00	
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	10	190	14.6	78.09	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	σ _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ _{∥∥} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	59.7	72.8	0.8	139.6	36.17	69.6	21.23	410.0	0.85
Soldadura del alma	61.0	61.0	0.4	122.1	31.63	61.0	18.61	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	17.7	21.6	0.4	41.4	10.72	21.5	6.54	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	56.9	56.9	0.4	113.8	29.49	56.9	17.34	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	54.8	55.4	0.1	110.5	28.62	54.8	16.70	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	1.9	3.2	0.84	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	La comprobación no procede.							410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M20x60-8.8	22.0	--	65	170	89	40.0
2	ISO 4017-M20x60-8.8	22.0	--	65	170	89	40.0
3	ISO 4017-M20x60-8.8	22.0	--	65	170	89	40.0
4	ISO 4017-M20x60-8.8	22.0	--	65	170	89	40.0
5	ISO 4017-M20x60-8.8	22.0	--	65	96	89	40.0
6	ISO 4017-M20x60-8.8	22.0	--	65	96	89	40.0
7	ISO 4017-M20x60-8.8	22.0	--	65	96	89	40.0
8	ISO 4017-M20x60-8.8	22.0	--	65	96	89	40.0
9	ISO 4017-M20x60-8.8	22.0	--	65	174	89	40.0
10	ISO 4017-M20x60-8.8	22.0	--	65	174	89	40.0
11	ISO 4017-M20x60-8.8	22.0	--	65	174	89	40.0
12	ISO 4017-M20x60-8.8	22.0	--	65	174	89	40.0

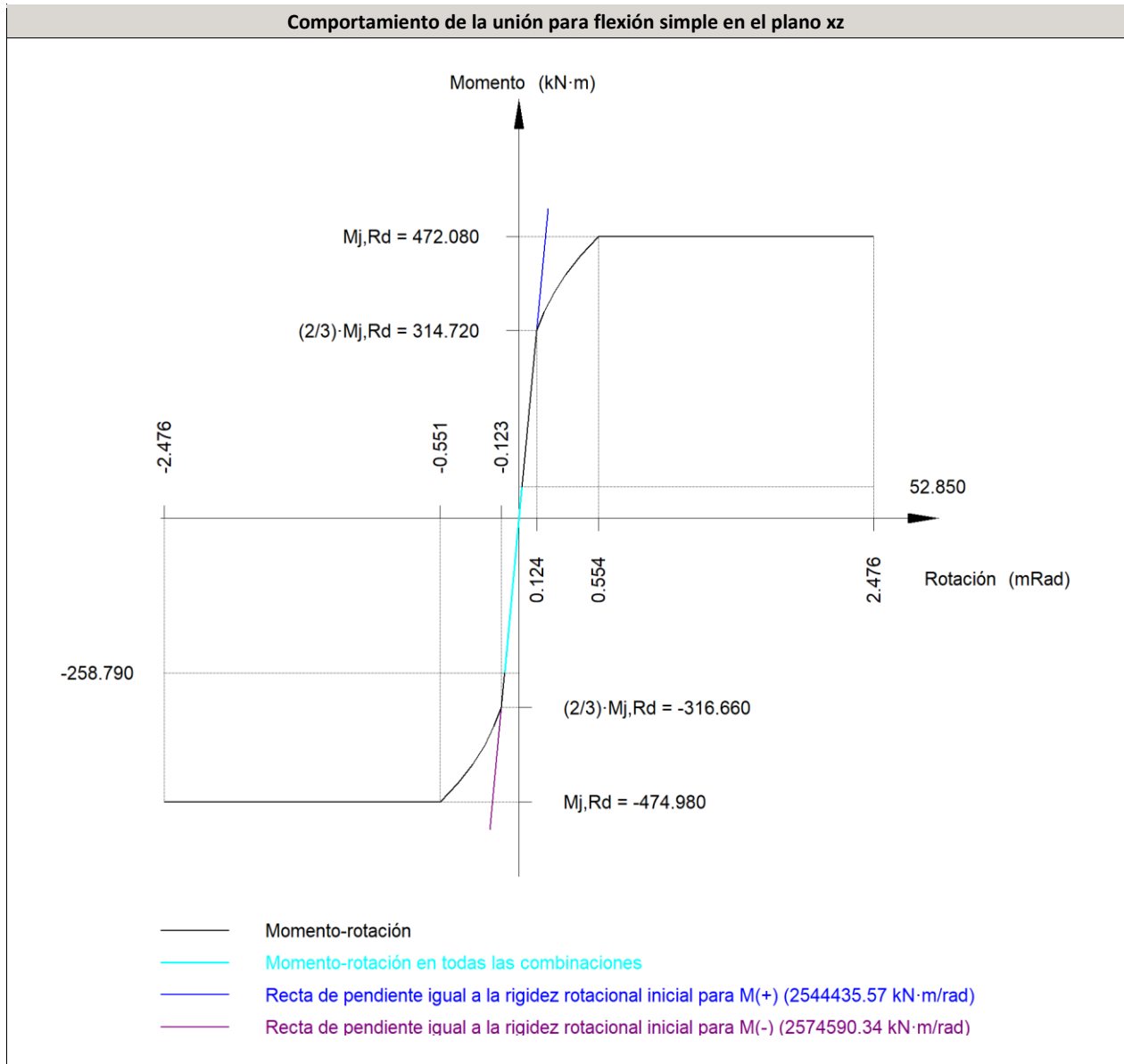
--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	1.112	78.400	1.42	Vástago	65.860	141.120	46.67	33.34	46.67
	Aplastamiento	1.112	246.000	0.45	Punzonamiento	65.860	291.899	22.56		
2	Sección transversal	1.763	78.400	2.25	Vástago	65.799	141.120	46.63	33.30	46.63
	Aplastamiento	1.763	246.000	0.72	Punzonamiento	65.799	291.899	22.54		
3	Sección transversal	1.113	78.400	1.42	Vástago	57.808	141.120	40.96	29.26	40.96
	Aplastamiento	1.113	246.000	0.45	Punzonamiento	57.808	291.899	19.80		
4	Sección transversal	1.128	78.400	1.44	Vástago	57.738	141.120	40.91	29.22	40.91

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante Aprov. (%)	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
	Aplastamiento	1.128	245.989	0.46	Punzonamiento	57.738	291.899	19.78		
5	Sección transversal	1.116	78.400	1.42	Vástago	36.616	141.120	25.95	18.53	25.95
	Aplastamiento	1.116	246.000	0.45	Punzonamiento	36.616	291.899	12.54		
6	Sección transversal	1.130	78.400	1.44	Vástago	36.550	141.120	25.90	18.50	25.90
	Aplastamiento	1.130	245.978	0.46	Punzonamiento	36.550	291.899	12.52		
7	Sección transversal	1.117	78.400	1.42	Vástago	24.786	141.120	17.56	12.55	17.56
	Aplastamiento	1.117	246.000	0.45	Punzonamiento	24.786	291.899	8.49		
8	Sección transversal	1.132	78.400	1.44	Vástago	24.726	141.120	17.52	12.52	17.52
	Aplastamiento	1.132	245.971	0.46	Punzonamiento	24.726	291.899	8.47		
9	Sección transversal	1.133	78.400	1.44	Vástago	19.854	141.120	14.07	10.42	14.07
	Aplastamiento	1.133	245.670	0.46	Punzonamiento	19.854	291.899	6.80		
10	Sección transversal	1.305	78.400	1.66	Vástago	19.437	141.120	13.77	10.21	13.77
	Aplastamiento	1.305	245.845	0.53	Punzonamiento	19.437	291.899	6.66		
11	Sección transversal	4.867	78.400	6.21	Vástago	22.365	141.120	15.85	11.84	15.85
	Aplastamiento	4.867	246.000	1.98	Punzonamiento	22.365	291.899	7.66		
12	Sección transversal	4.867	78.400	6.21	Vástago	22.003	141.120	15.59	11.67	15.59
	Aplastamiento	4.867	245.985	1.98	Punzonamiento	22.003	291.899	7.54		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	72556.01	2544435.57
Calculada para momentos negativos	72556.01	2574590.34

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.31	1.80	72.88
Momento resistente	kNm	258.79	474.98	54.48
Capacidad de rotación	mRad	40.598	667	6.09

d) Medición

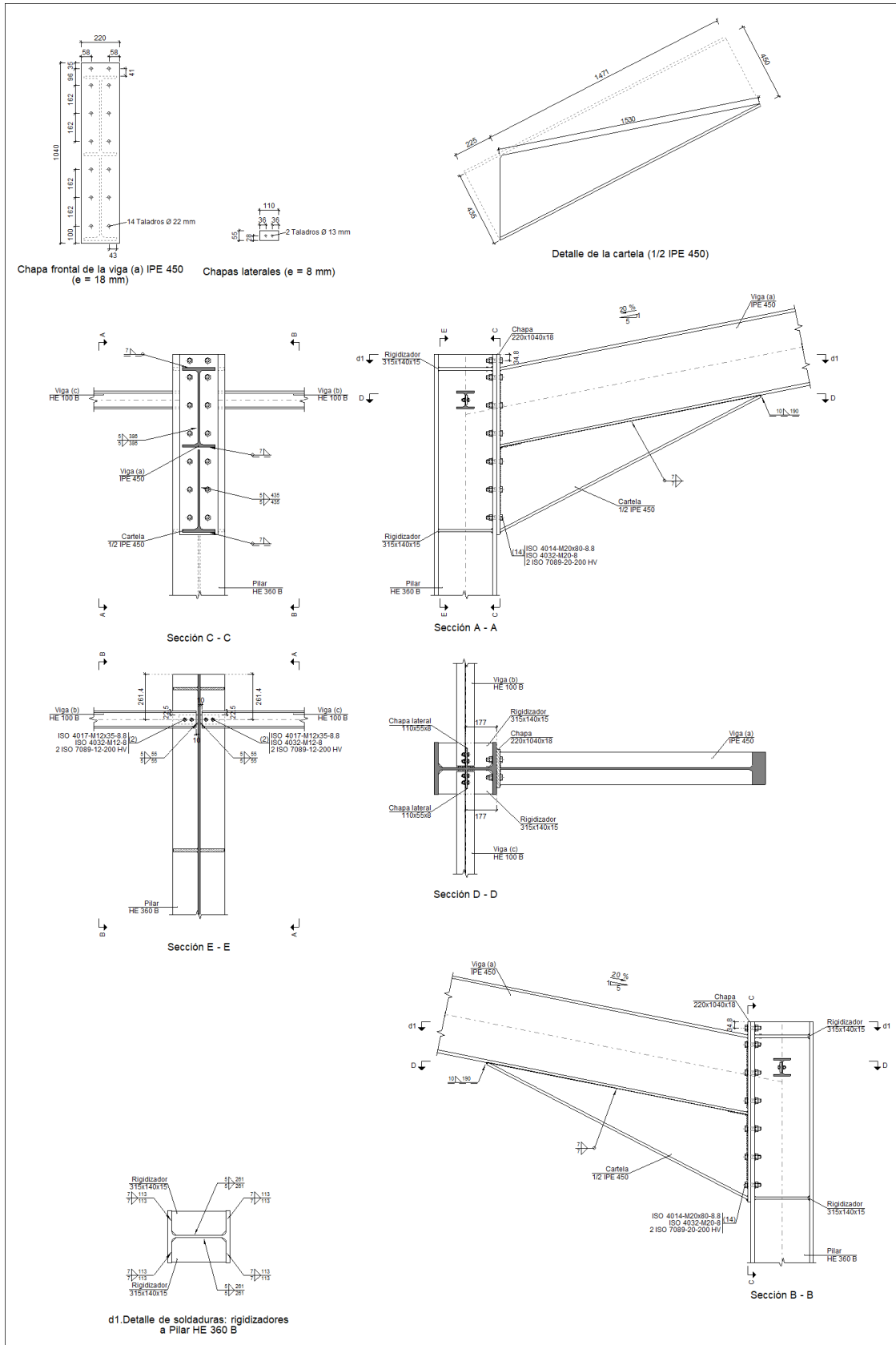
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	5	3084
			7	10189
			10	380

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	2	220x935x15	48.44
				Total

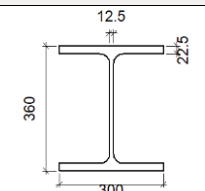
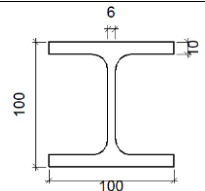
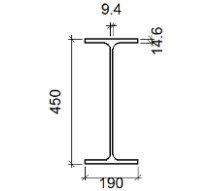
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	12	ISO 4017-M20x60
Tuercas	Clase 8	12	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	24	ISO 7089-20

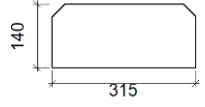
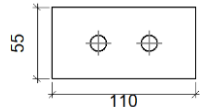
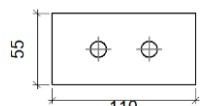
3.6.2.7 TIPO 7: Pilar EHB360-Dintel IPE450 (Portico centrales)

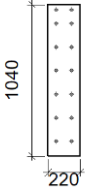
a) Detalle

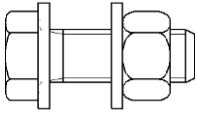
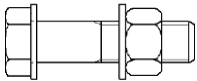


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 360 B		360	300	22.5	12.5	S275	275.0	410.0
Viga	HE 100 B		100	100	10	6	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 450		450	190	14.6	9.4	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		315	140	15	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa lateral: Viga (c) HE 100 B		110	55	8	2	13	S275	275.0	410.0
Chapa lateral: Viga (b) HE 100 B		110	55	8	2	13	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Chapa frontal: Viga (a) IPE 450		220	1040	18	14	22	S275	275.0	410.0

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ISO 4017-M12x35-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	35	8.8	640.0	800.0
ISO 4014-M20x80-8.8 ISO 4032-M20-8 2 ISO 7089-20-200 HV		M20	80	8.8	640.0	800.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 360 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltéz	--	--	--	38.94	
	Cortante	kN	1259.74	1612.88	78.11	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	132.43	261.90	50.57	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	141.41	261.90	53.99	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	132.66	261.90	50.65	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	141.20	261.90	53.91	
Ala	Cortante	N/mm ²	189.71	261.90	72.43	
Viga (a) IPE 450	Ala	Tracción por flexión	kN	161.72	282.24	57.30
		Tracción	kN	65.23	420.19	15.52
	Alma	Tracción	kN	92.89	219.36	42.35
Viga (c) HE 100 B	Alma	Punzonamiento	kN	39.51	309.96	12.75
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	1.59	105.15	1.51
Viga (b) HE 100 B	Alma	Punzonamiento	kN	39.47	309.96	12.74
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	1.59	105.15	1.51

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	113	15.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	261	12.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	113	15.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	261	12.5	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	7	113	15.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	5	261	12.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	7	113	15.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	261	12.5	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/mm ²)	σ _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ _{∥∥} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	100.3	100.3	0.1	200.7	52.00	100.3	30.59	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	64.1	111.1	28.78	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	107.1	107.1	0.0	214.3	55.53	107.1	32.66	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	80.7	139.7	36.21	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	100.5	100.5	0.1	201.0	52.09	100.5	30.64	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	64.2	111.3	28.83	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	107.0	107.0	0.0	214.0	55.45	107.0	32.62	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	80.5	139.5	36.15	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) IPE 450

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	161.72	215.66	74.99
Ala	Compresión	kN	470.03	817.42	57.50
	Tracción	kN	121.52	363.26	33.45
Alma	Cargas concentradas en el alma	kN	120.16	418.23	28.73
	Tracción	kN	110.91	355.91	31.16

Cordones de soldadura

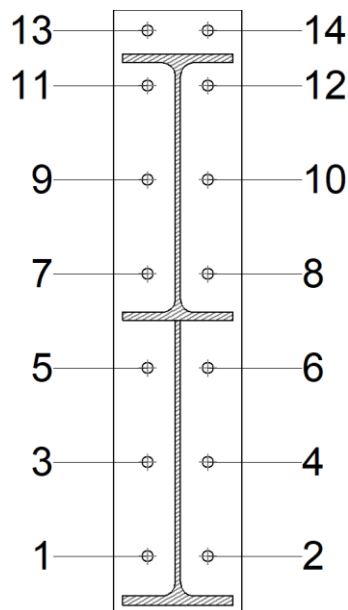
Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	7	190	14.6	78.69	
Soldadura del alma	En ángulo	5	386	9.4	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	7	190	14.6	78.69	
Soldadura del alma de la cartela	En ángulo	5	450	9.4	90.00	
Soldadura del ala de la cartela	En ángulo	7	190	14.6	62.72	
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	En ángulo	7	1530	9.4	90.00	
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	En ángulo	10	190	14.6	74.03	

a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas

Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	σ_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)			
Soldadura del ala superior	83.1	101.4	0.8	194.3	50.34	106.6	32.49	410.0	0.85
Soldadura del alma	88.6	88.6	23.7	182.0	47.15	88.6	27.02	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	37.8	31.0	0.4	65.6	17.00	37.8	11.52	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela	100.7	100.7	23.7	205.6	53.28	100.7	30.71	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela	81.2	133.3	0.1	244.7	63.41	127.1	38.76	410.0	0.85
Soldadura del alma de la cartela al ala inferior	0.0	0.0	14.1	24.5	6.35	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del ala de la cartela al ala inferior	La comprobación no procede.							410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	58	162	104	45.5
2	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	58	162	104	45.5
3	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	58	162	104	45.5
4	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	58	162	104	45.5
5	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	58	162	104	45.5
6	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	58	162	104	45.5
7	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	58	162	104	45.5
8	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	58	162	104	45.5
9	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	58	162	104	45.5
10	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	58	162	104	45.5
11	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	58	96	104	40.0
12	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	--	58	96	104	40.0
13	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	35	58	96	104	34.8
14	ISO 4014-M20x80-8.8	22.0	35	58	96	104	34.8

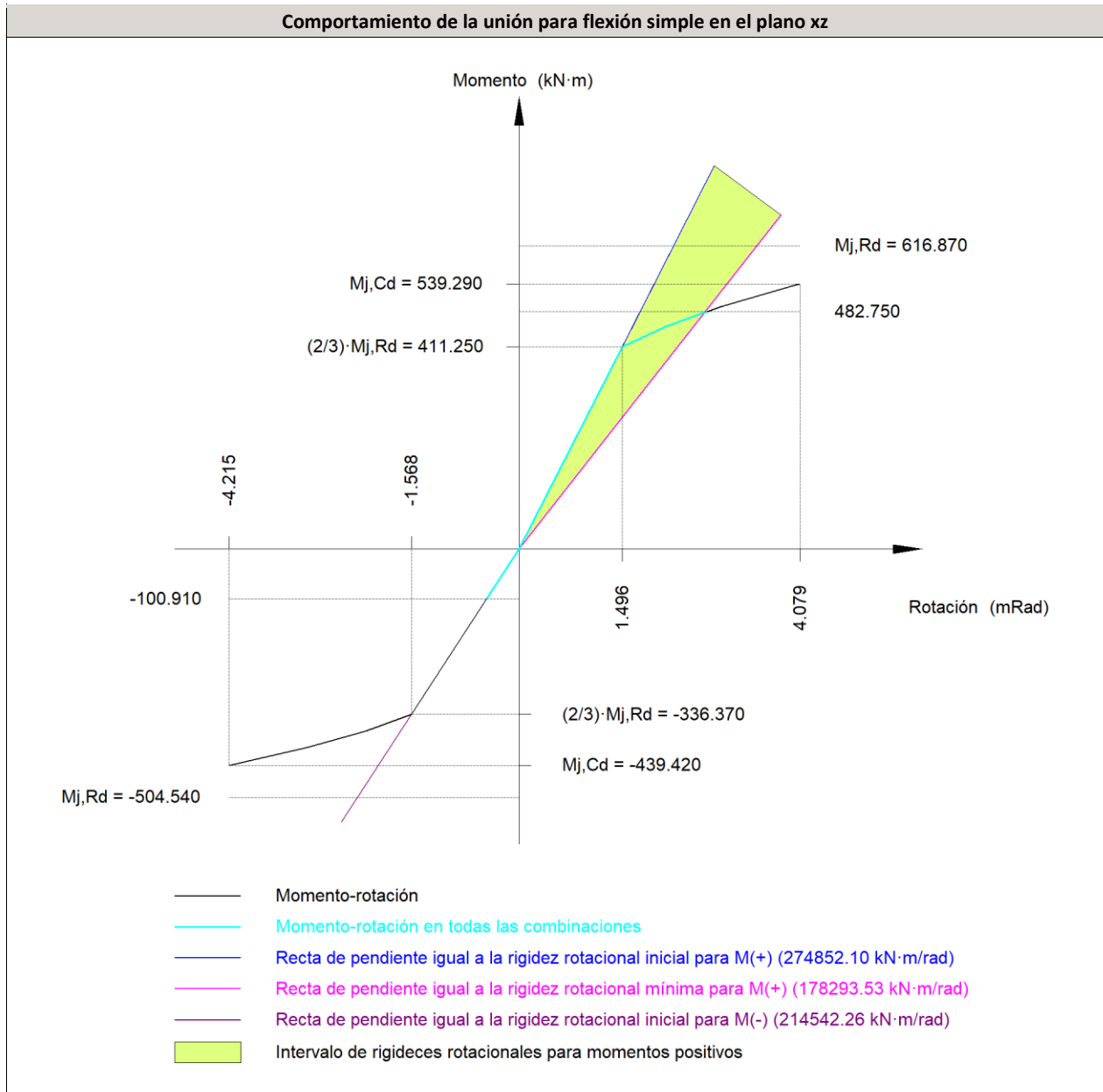
--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	99.171	100.531	98.65	Vástago	33.773	141.120	23.93	98.65	98.65
	Aplastamiento	99.171	295.200	33.59	Punzonamiento	33.773	353.506	9.55		
2	Sección transversal	99.171	100.531	98.65	Vástago	33.729	141.120	23.90	98.65	98.65
	Aplastamiento	99.171	295.200	33.59	Punzonamiento	33.729	353.506	9.54		
3	Sección transversal	4.318	100.531	4.30	Vástago	31.264	141.120	22.15	15.82	22.15
	Aplastamiento	4.318	295.200	1.46	Punzonamiento	31.264	353.506	8.84		
4	Sección transversal	4.318	100.531	4.30	Vástago	31.212	141.120	22.12	15.80	22.12
	Aplastamiento	4.318	295.200	1.46	Punzonamiento	31.212	353.506	8.83		
5	Sección transversal	0.454	100.531	0.45	Vástago	25.000	141.120	17.72	12.65	17.72
	Aplastamiento	0.454	295.200	0.15	Punzonamiento	25.000	353.506	7.07		
6	Sección transversal	0.462	100.531	0.46	Vástago	25.032	141.120	17.74	12.67	17.74
	Aplastamiento	0.462	295.200	0.16	Punzonamiento	25.032	353.506	7.08		
7	Sección transversal	0.455	100.531	0.45	Vástago	47.357	141.120	33.56	23.97	33.56
	Aplastamiento	0.455	295.200	0.15	Punzonamiento	47.357	353.506	13.40		
8	Sección transversal	0.462	100.531	0.46	Vástago	47.393	141.120	33.58	23.99	33.58
	Aplastamiento	0.462	295.167	0.16	Punzonamiento	47.393	353.506	13.41		
9	Sección transversal	0.455	100.531	0.45	Vástago	68.022	141.120	48.20	34.43	48.20
	Aplastamiento	0.455	295.200	0.15	Punzonamiento	68.022	353.506	19.24		
10	Sección transversal	0.462	100.531	0.46	Vástago	68.059	141.120	48.23	34.45	48.23
	Aplastamiento	0.462	295.085	0.16	Punzonamiento	68.059	353.506	19.25		
11	Sección transversal	12.657	100.531	12.59	Vástago	71.396	141.120	50.59	36.14	50.59
	Aplastamiento	12.657	295.200	4.29	Punzonamiento	71.396	353.506	20.20		
12	Sección transversal	12.657	100.531	12.59	Vástago	71.426	141.120	50.61	36.15	50.61

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
	Aplastamiento	12.657	295.200	4.29	Punzonamiento	71.426	353.506	20.21		
13	Sección transversal	12.657	100.531	12.59	Vástago	105.787	141.120	74.96	53.54	74.96
	Aplastamiento	12.657	295.200	4.29	Punzonamiento	105.787	353.506	29.92		
14	Sección transversal	12.657	100.531	12.59	Vástago	105.826	141.120	74.99	53.56	74.99
	Aplastamiento	12.657	295.200	4.29	Punzonamiento	105.826	353.506	29.94		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	19777.47	274852.10
Calculada para momentos negativos	19777.47	214542.26

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.48	1.80	81.99
Momento resistente	kNm	482.75	616.87	78.26
Capacidad de rotación	mRad	663.769	667	99.57

3) Viga (c) HE 100 B

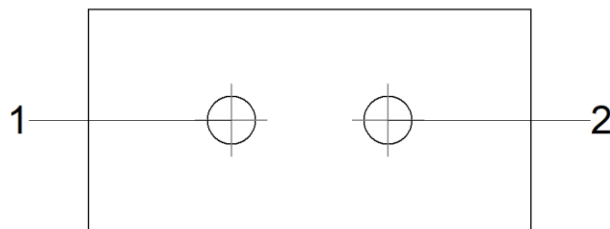
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.91

	Tensiones combinadas	--	--	--	37.81
	Pandeo local	N/mm ²	62.36	241.30	25.84
	Aplastamiento	kN	19.80	59.02	33.54
	Desgarro	kN	39.51	50.81	77.77
Alma	Aplastamiento	kN	19.80	38.65	51.22
	Desgarro	kN	39.51	109.33	36.14

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	55	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	σ _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ _{∥∥} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	50.8	50.8	1.2	101.6	26.33	50.8	15.48	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	28	26	--	39	27.5

Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
2	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	28	36	--	39	27.5
--: La comprobación no procede.							

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante Aprov. (%)	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	19.795	26.976	73.38	Vástago	0.000	48.557	0.00	73.38	73.38
	Aplastamiento	19.795	59.024	33.54	Punzonamiento	0.000	70.538	0.00		
2	Sección transversal	19.763	26.976	73.26	Vástago	0.000	48.557	0.00	73.26	73.26
	Aplastamiento	19.763	71.632	27.59	Punzonamiento	0.000	70.538	0.00		

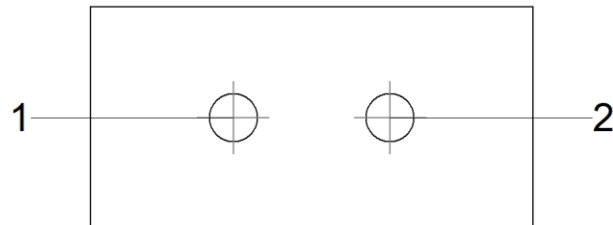
4) Viga (b) HE 100 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.91
	Tensiones combinadas	--	--	--	37.79
	Pandeo local	N/mm ²	65.17	241.30	27.01
	Aplastamiento	kN	19.78	59.02	33.51
	Desgarro	kN	39.48	50.81	77.71
Alma	Aplastamiento	kN	19.78	38.65	51.17
	Desgarro	kN	39.48	109.33	36.11

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	55	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	σ _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ _{∥∥} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	50.7	50.7	1.2	101.5	26.31	50.8	15.47	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	28	26	--	39	27.5
2	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	28	36	--	39	27.5

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	19.779	26.976	73.32	Vástago	0.000	48.557	0.00	73.32	73.32
	Aplastamiento	19.779	59.023	33.51	Punzonamiento	0.000	70.538	0.00		
2	Sección transversal	19.747	26.976	73.20	Vástago	0.000	48.557	0.00	73.20	73.20
	Aplastamiento	19.747	71.632	27.57	Punzonamiento	0.000	70.538	0.00		

d) Medición

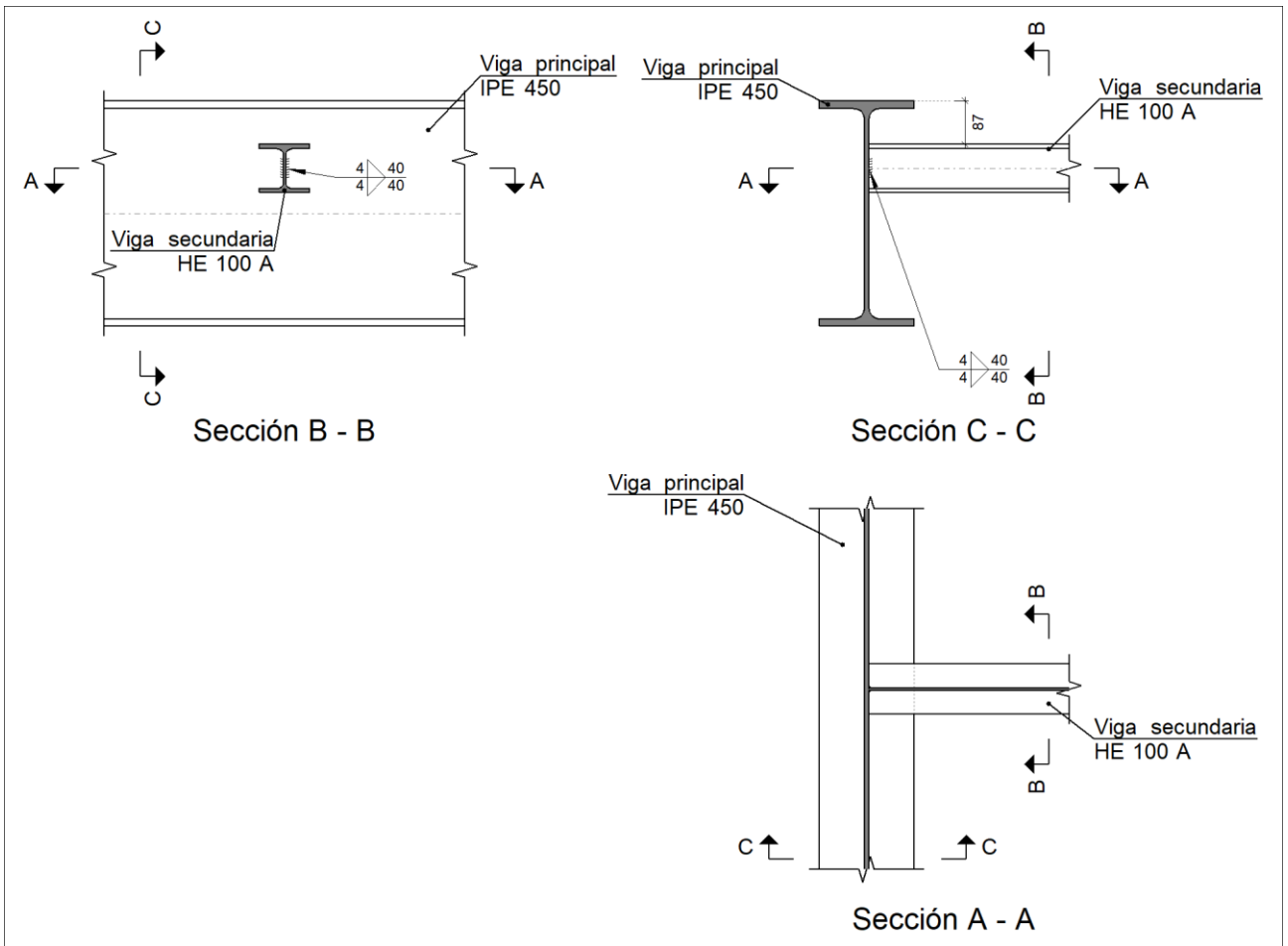
Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	5	3980
			7	5913
			10	190

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	315x140x15	20.77
	Chapas	2	110x55x8	0.76
		1	220x1040x18	32.33
	Total			

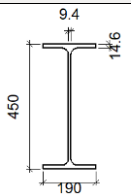
Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	14	ISO 4014-M20x80
		4	ISO 4017-M12x35
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M12
		14	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-12
		28	ISO 7089-20

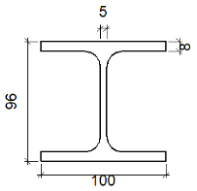
3.6.2.8 Tipo 8: Dintel IPE450-Viga soporte climatizador EHA100

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Viga	IPE 450		450	190	14.6	9.4	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_y (MPa)	f_u (MPa)
Viga	HE 100 A		96	100	8	5	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Viga principal

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Punzonamiento	kN	0.16	27.12	0.60
	Flexión por fuerza perpendicular	kN	0.16	132.17	0.12

2) Viga secundaria HE 100 A

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Tensión de Von Mises	N/mm ²	50.42	261.90	19.25

Cordones de soldadura

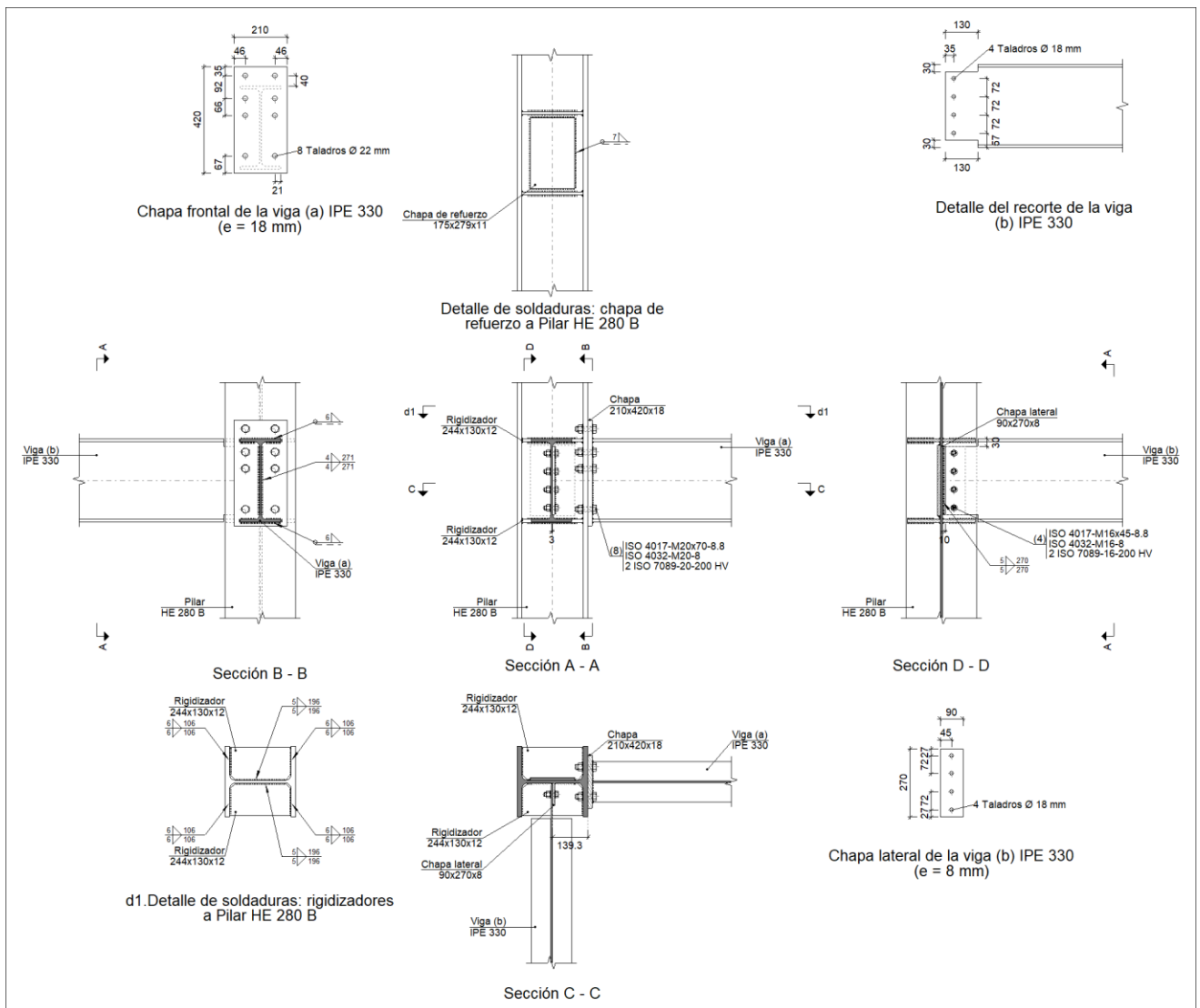
Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura del alma	En ángulo	4	40	5.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	σ_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)			
Soldadura del alma	0.4	18.2	31.5	8.17	0.4	0.11	410.0	0.85	

d) Medición

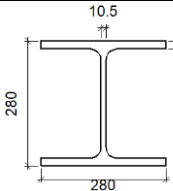
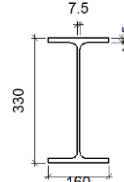
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	80

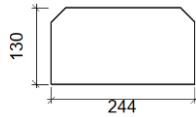
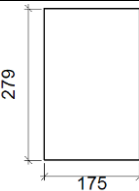
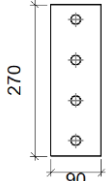
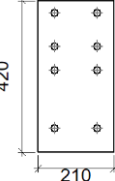
3.6.2.9 TIPO 9: Pilar EHB280-Viga entreplanta IPE330

a) Detalle

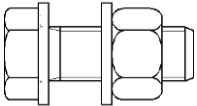
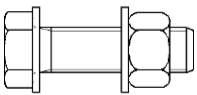


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 280 B		280	280	18	10.5	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 330		330	160	11.5	7.5	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		244	130	12	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa de refuerzo		175	279	11	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa lateral: Viga (b) IPE 330		90	270	8	4	18	S275	275.0	410.0
Chapa frontal: Viga (a) IPE 330		210	420	18	8	22	S275	275.0	410.0

Elementos de tornillería		
Descripción	Geometría	Acero

	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ISO 4017-M16x45-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	45	8.8	640.0	800.0
ISO 4017-M20x70-8.8 ISO 4032-M20-8 2 ISO 7089-20-200 HV		M20	70	8.8	640.0	800.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 280 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbitez	--	--	--	35.91	
	Cortante	kN	529.79	944.53	56.09	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	191.14	261.90	72.98	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	72.84	261.90	27.81	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	191.52	261.90	73.13	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	72.85	261.90	27.82	
Ala	Cortante	N/mm ²	113.10	261.90	43.18	
Viga (a) IPE 330	Ala	Tracción por flexión	kN	206.11	282.24	73.03
		Tracción	kN	90.17	361.58	24.94
	Alma	Tracción	kN	101.39	186.89	54.25
Viga (b) IPE 330	Alma	Punzonamiento	kN	18.52	1148.92	1.61
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	18.52	206.56	8.96

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	6	106	12.0	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	6	106	12.0	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	6	106	12.0	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	6	106	12.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	5	196	10.5	90.00

Comprobaciones geométricas										
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)					
Soldadura de la chapa de refuerzo al alma		En ángulo	7	908	10.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>										
Comprobación de resistencia										
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	ϕ _w	
	ϕ _{fl} (N/mm ²)	ϕ _{fb} (N/mm ²)	ϕ _{ll} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	ϕ _{fn} (N/mm ²)	Aprov. (%)			
Soldadura del rigidizador superior a las alas		135.2	135.2	0.0	270.3	70.05	135.2	41.20	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma		0.0	0.0	80.5	139.4	36.11	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas		51.5	51.5	0.0	103.0	26.70	51.5	15.70	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma		0.0	0.0	38.7	67.0	17.37	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas		135.4	135.4	0.0	270.9	70.19	135.4	41.29	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma		0.0	0.0	80.6	139.6	36.18	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas		51.5	51.5	0.0	103.0	26.70	51.5	15.70	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma		0.0	0.0	38.7	67.0	17.37	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa de refuerzo al alma		La comprobación no procede.						410.0	0.85	

2) Viga (a) IPE 330

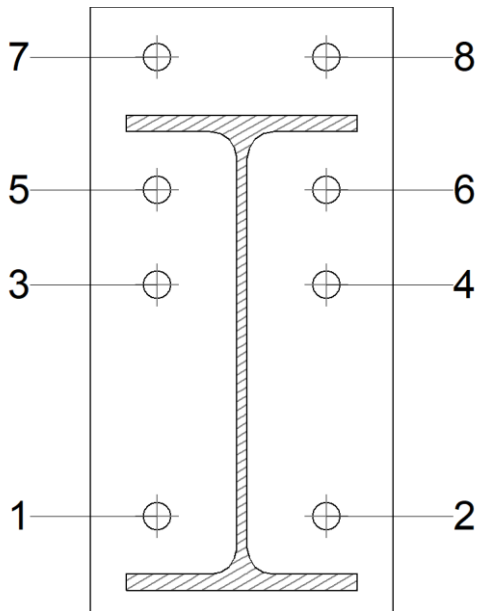
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	206.11	208.23	98.98
Ala	Compresión	kN	205.68	481.90	42.68
	Tracción	kN	147.75	240.04	61.55
Alma	Tracción	kN	107.74	223.92	48.11

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas										
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)					
Soldadura del ala superior		En ángulo	6	160	11.5	90.00				
Soldadura del alma		En ángulo	4	271	7.5	90.00				
Soldadura del ala inferior		En ángulo	6	160	11.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>										
Comprobación de resistencia										
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	ϕ _w	
	ϕ _{fl} (N/mm ²)	ϕ _{fb} (N/mm ²)	ϕ _{ll} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	ϕ _{fn} (N/mm ²)	Aprov. (%)			
Soldadura del ala superior		152.3	152.3	0.0	304.7	78.95	152.3	46.44	410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	σ_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del alma	142.9	142.9	42.4	295.0	76.45	142.9	43.55	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	92.7	92.7	0.0	185.5	48.06	92.7	28.27	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición								
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)	
1	ISO 4017-M20x70-8.8	22.0	--	46	161	118	40.3	
2	ISO 4017-M20x70-8.8	22.0	--	46	161	118	40.3	
3	ISO 4017-M20x70-8.8	22.0	--	46	66	118	42.5	
4	ISO 4017-M20x70-8.8	22.0	--	46	66	118	42.5	
5	ISO 4017-M20x70-8.8	22.0	--	46	66	118	40.3	
6	ISO 4017-M20x70-8.8	22.0	--	46	66	118	40.3	
7	ISO 4017-M20x70-8.8	22.0	35	46	92	118	34.8	
8	ISO 4017-M20x70-8.8	22.0	35	46	92	118	34.8	

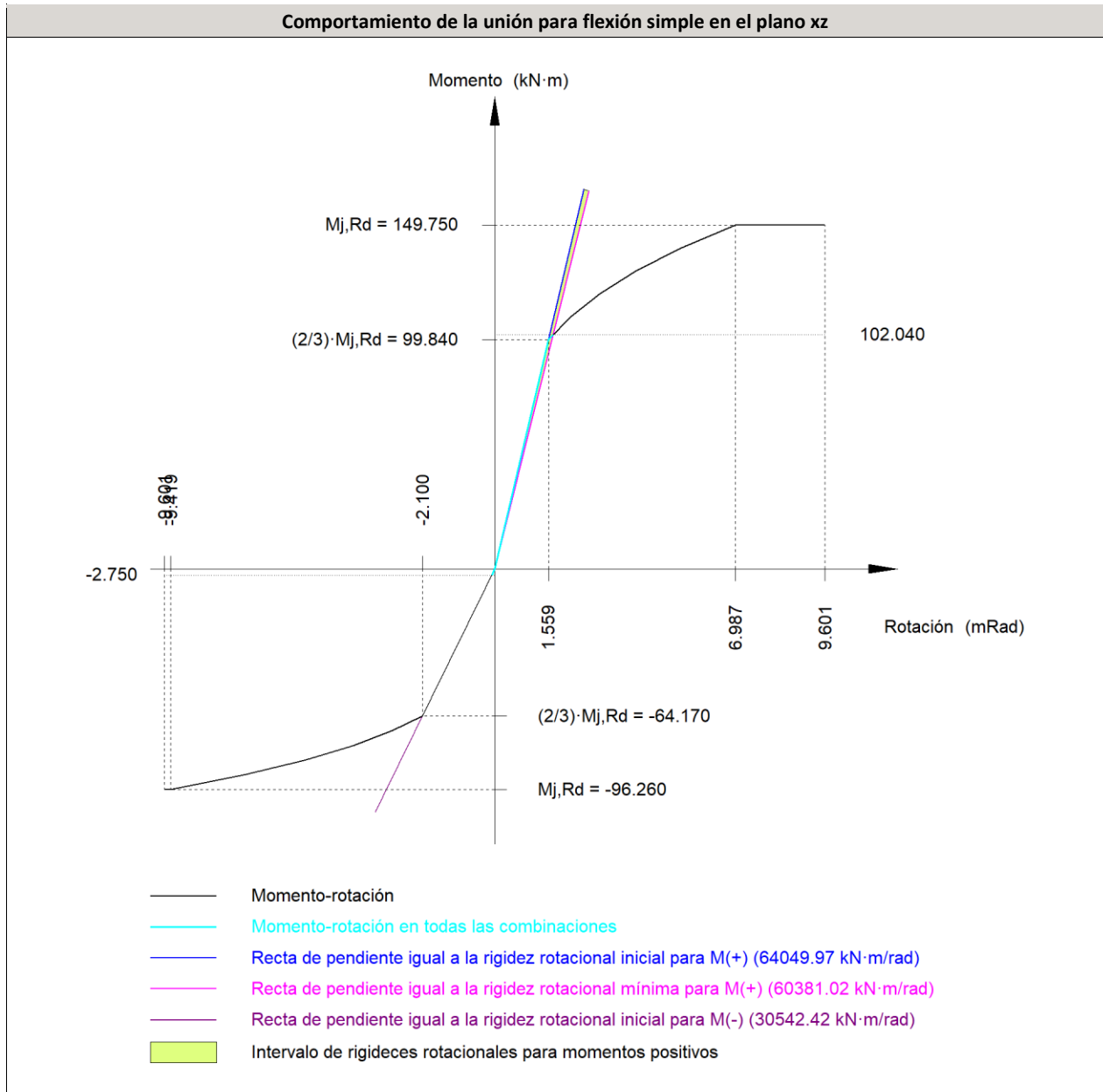
--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante Aprov. (%)	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante Aprov. (%)	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	35.554	78.400	45.35	Vástago	4.910	141.120	3.48	45.35	45.35
	Aplastamiento	35.554	295.200	12.04	Punzonamiento	4.910	350.278	1.40		
2	Sección transversal	35.554	78.400	45.35	Vástago	4.977	141.120	3.53	45.35	45.35
	Aplastamiento	35.554	295.200	12.04	Punzonamiento	4.977	350.278	1.42		
3	Sección transversal	11.478	78.400	14.64	Vástago	92.933	141.120	65.85	61.68	65.85
	Aplastamiento	11.478	221.400	5.18	Punzonamiento	92.933	350.278	26.53		
4	Sección transversal	11.481	78.400	14.64	Vástago	93.030	141.120	65.92	61.73	65.92
	Aplastamiento	11.481	221.400	5.19	Punzonamiento	93.030	350.278	26.56		
5	Sección transversal	11.478	78.400	14.64	Vástago	78.470	141.120	55.61	54.36	55.61
	Aplastamiento	11.478	295.200	3.89	Punzonamiento	78.470	350.278	22.40		
6	Sección transversal	11.481	78.400	14.64	Vástago	78.529	141.120	55.65	54.39	55.65
	Aplastamiento	11.481	295.200	3.89	Punzonamiento	78.529	350.278	22.42		
7	Sección transversal	11.478	78.400	14.64	Vástago	139.606	141.120	98.93	85.30	98.93
	Aplastamiento	11.478	155.427	7.38	Punzonamiento	139.606	350.278	39.86		
8	Sección transversal	11.481	78.400	14.64	Vástago	139.682	141.120	98.98	85.35	98.98
	Aplastamiento	11.481	155.427	7.39	Punzonamiento	139.682	350.278	39.88		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	10547.03	64049.97
Calculada para momentos negativos	10547.03	30542.42

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.80	1.80	99.99
Momento resistente	kNm	102.04	149.75	68.14
Capacidad de rotación	mRad	176.025	667	26.40

3) Viga (b) IPE 330

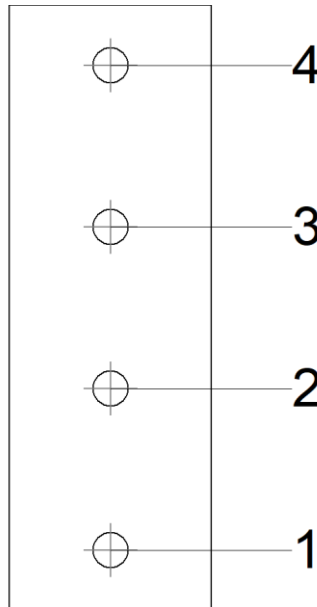
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.02

	Tensiones combinadas	--	--	--	3.59
	Pandeo local	N/mm ²	9.31	228.15	4.08
	Aplastamiento	kN	4.94	87.56	5.65
	Desgarro	kN	18.54	239.52	7.74
Alma	Aplastamiento	kN	4.94	98.40	5.02
	Desgarro	kN	18.54	317.72	5.84
	Pandeo local	N/mm ²	11.54	104.43	11.05

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	270	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	σ _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ _{∥∥} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	5.3	5.3	0.6	10.6	2.74	5.3	1.61	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)

Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	27	35	72	--	27.0
2	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	--	35	72	--	45.0
3	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	--	35	72	--	45.0
4	ISO 4017-M16x45-8.8	18.0	27	35	72	--	27.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	4.455	50.240	8.87	Vástago	0.000	90.432	0.00	8.87	8.87
	Aplastamiento	4.455	87.240	5.11	Punzonamiento	0.000	117.664	0.00		
2	Sección transversal	4.575	50.240	9.11	Vástago	0.000	90.432	0.00	9.11	9.11
	Aplastamiento	4.575	87.504	5.23	Punzonamiento	0.000	117.664	0.00		
3	Sección transversal	4.740	50.240	9.44	Vástago	0.000	90.432	0.00	9.44	9.44
	Aplastamiento	4.740	87.565	5.41	Punzonamiento	0.000	117.664	0.00		
4	Sección transversal	4.943	50.240	9.84	Vástago	0.000	90.432	0.00	9.84	9.84
	Aplastamiento	4.943	87.557	5.65	Punzonamiento	0.000	117.664	0.00		

d) Medición

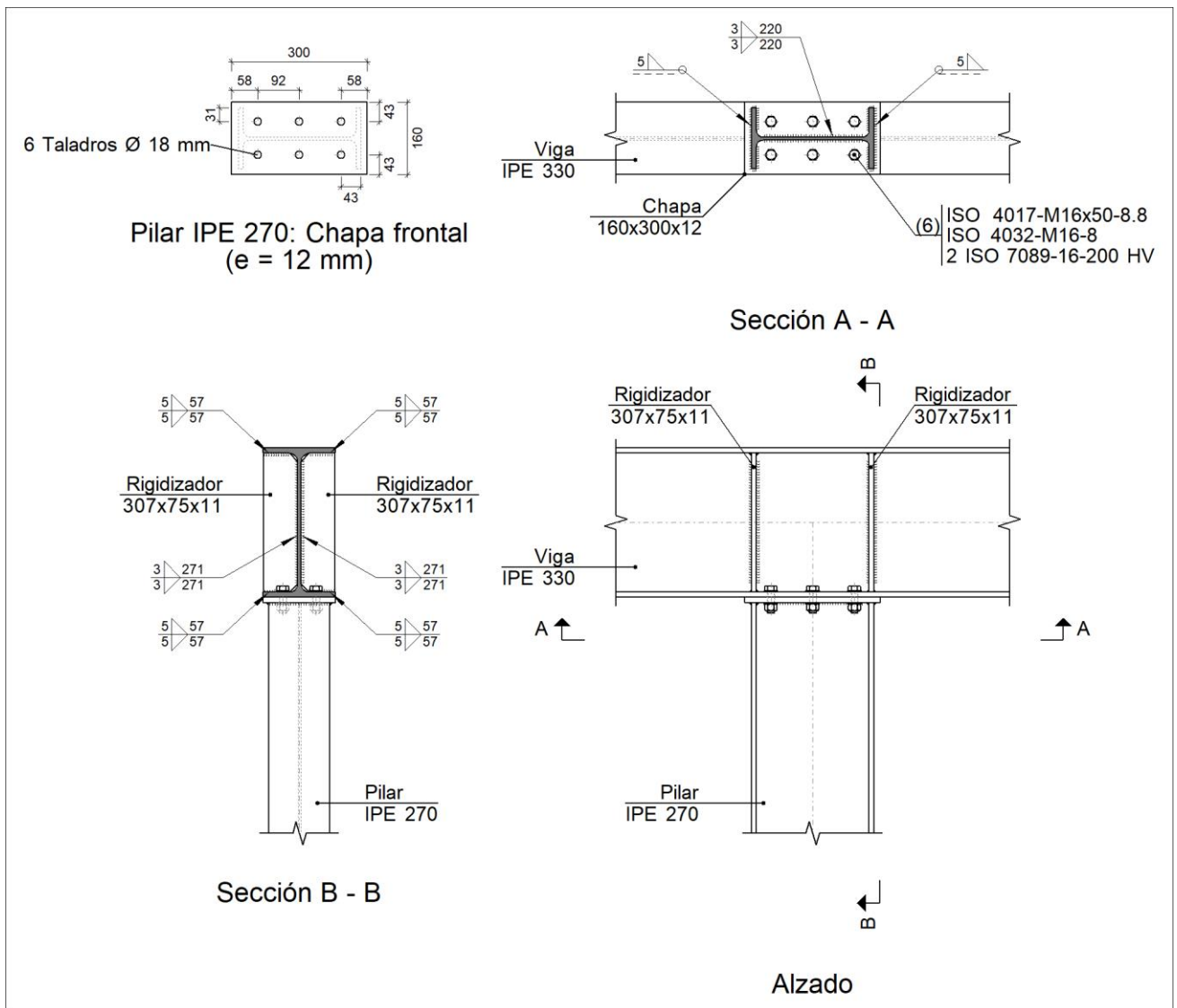
Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	542
			5	2108
			6	2295
			7	908

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	244x130x12	11.95
	Chapas	1	90x270x8	1.53
		1	175x279x11	4.22
		1	210x420x18	12.46
		Total		

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4017-M16x45
		8	ISO 4017-M20x70
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M16
		8	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-16
		16	ISO 7089-20

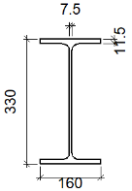
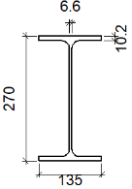
3.6.2.10 Tipo 10: Pilar entreplanta IPE270-Viga entreplanta IPE330

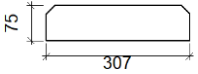
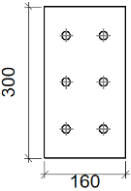
a) Detalle

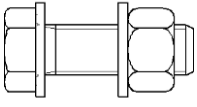


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)

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)
Viga	IPE 330		330	160	11.5	7.5	S275	275.0	410.0
Pilar	IPE 270		270	135	10.2	6.6	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		307	75	11	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa frontal: Pilar IPE 270		160	300	12	6	18	S275	275.0	410.0

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ISO 4017-M16x50-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	50	8.8	640.0	800.0

c) Comprobación

1) Viga IPE 330

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	63.26	
	Cortante	kN	129.46	336.82	38.43	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	78.95	261.90	30.15	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	77.91	261.90	29.75	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	78.01	261.90	29.79	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	77.16	261.90	29.46	
Ala	Cortante	N/mm ²	119.44	261.90	45.60	
Pilar IPE 270	Ala	Tracción por flexión	kN	35.65	158.57	22.48
		Tracción	kN	7.46	226.88	3.29
	Alma	Tracción	kN	20.71	113.92	18.18

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	5	57	11.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	271	7.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	5	57	11.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	271	7.5	90.00	
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	5	57	11.0	90.00	
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	3	271	7.5	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	5	57	11.0	90.00	
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	3	271	7.5	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/mm ²)	σ _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ _{∥∥} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	61.4	61.4	0.4	122.8	31.83	61.4	18.72	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	30.4	52.7	13.66	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	60.6	60.6	0.1	121.2	31.41	60.6	18.48	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	30.0	52.0	13.49	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	60.7	60.7	0.0	121.4	31.45	60.7	18.50	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	30.1	52.1	13.50	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	60.0	60.0	0.1	120.0	31.11	60.0	18.30	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	29.8	51.5	13.35	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Pilar IPE 270

Comprobaciones de resistencia

Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	35.65	156.89	22.72
Ala	Compresión	kN	110.33	360.64	30.59
	Tracción	kN	9.39	180.32	5.21
Alma	Tracción	kN	16.85	125.89	13.38

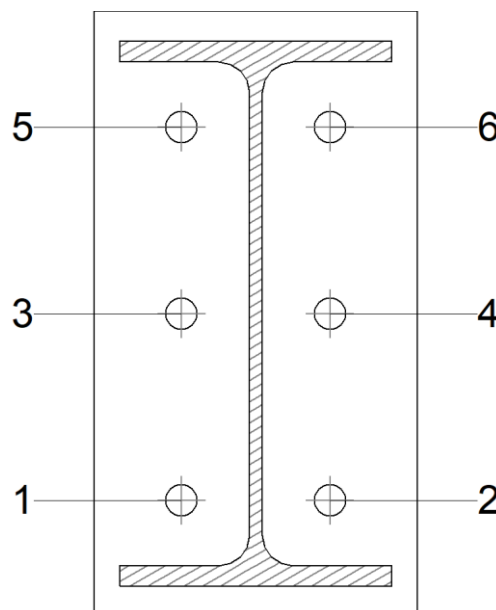
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	5	135	10.2	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	3	220	6.6	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	5	135	10.2	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/mm ²)	σ_w
	σ_{\parallel} (N/mm ²)	σ_{\perp} (N/mm ²)	$\sigma_{\perp\parallel}$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	62.5	62.5	1.2	124.9	32.38	62.5	19.04	410.0	0.85
Soldadura del alma	54.1	54.1	6.6	108.9	28.22	54.1	16.51	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	61.2	61.2	1.2	122.5	31.74	61.2	18.67	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



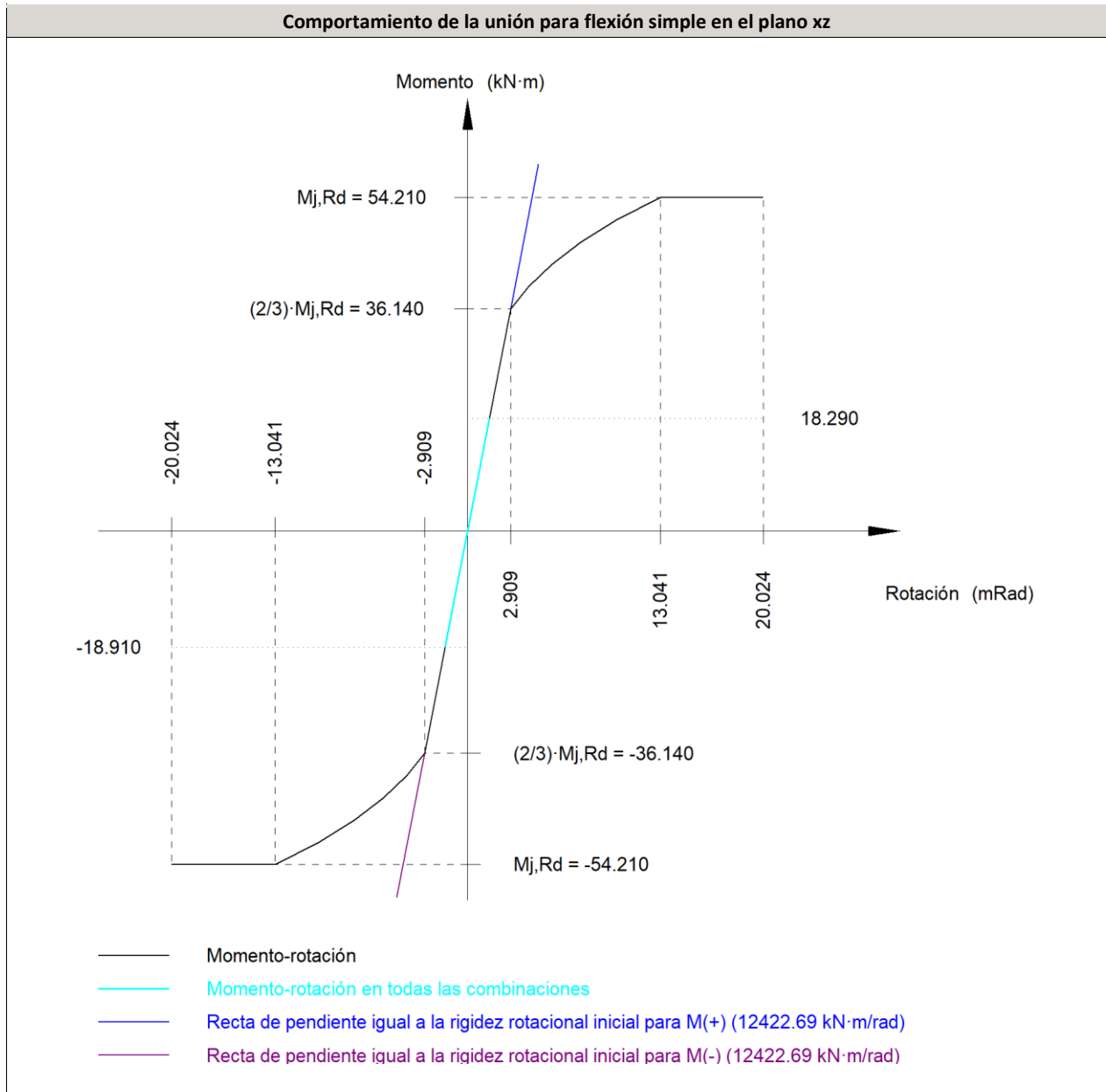
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	43	92	74	32.4
2	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	43	92	74	32.4
3	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	43	92	74	33.0
4	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	43	92	74	33.0
5	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	43	92	74	32.4
6	ISO 4017-M16x50-8.8	18.0	--	43	92	74	32.4

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	4.221	50.240	8.40	Vástago	20.519	90.432	22.69	16.21	22.69
	Aplastamiento	4.221	150.825	2.80	Punzonamiento	20.519	180.418	11.37		
2	Sección transversal	4.221	50.240	8.40	Vástago	20.550	90.432	22.72	16.23	22.72
	Aplastamiento	4.221	150.880	2.80	Punzonamiento	20.550	180.418	11.39		
3	Sección transversal	2.579	50.240	5.13	Vástago	12.332	90.432	13.64	9.74	13.64
	Aplastamiento	2.579	150.848	1.71	Punzonamiento	12.332	180.418	6.84		
4	Sección transversal	1.920	50.240	3.82	Vástago	12.369	90.432	13.68	9.77	13.68
	Aplastamiento	1.920	150.880	1.27	Punzonamiento	12.369	180.418	6.86		
5	Sección transversal	4.317	50.240	8.59	Vástago	20.003	90.432	22.12	15.80	22.12
	Aplastamiento	4.317	150.879	2.86	Punzonamiento	20.003	180.418	11.09		
6	Sección transversal	4.317	50.240	8.59	Vástago	20.060	90.432	22.18	15.84	22.18
	Aplastamiento	4.317	150.880	2.86	Punzonamiento	20.060	180.418	11.12		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	2998.92	12422.69
Calculada para momentos negativos	2998.92	12422.69

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.20	1.80	66.85
Momento resistente	kNm	18.91	54.21	34.88
Capacidad de rotación	mRad	76.018	667	11.40

d) Medición

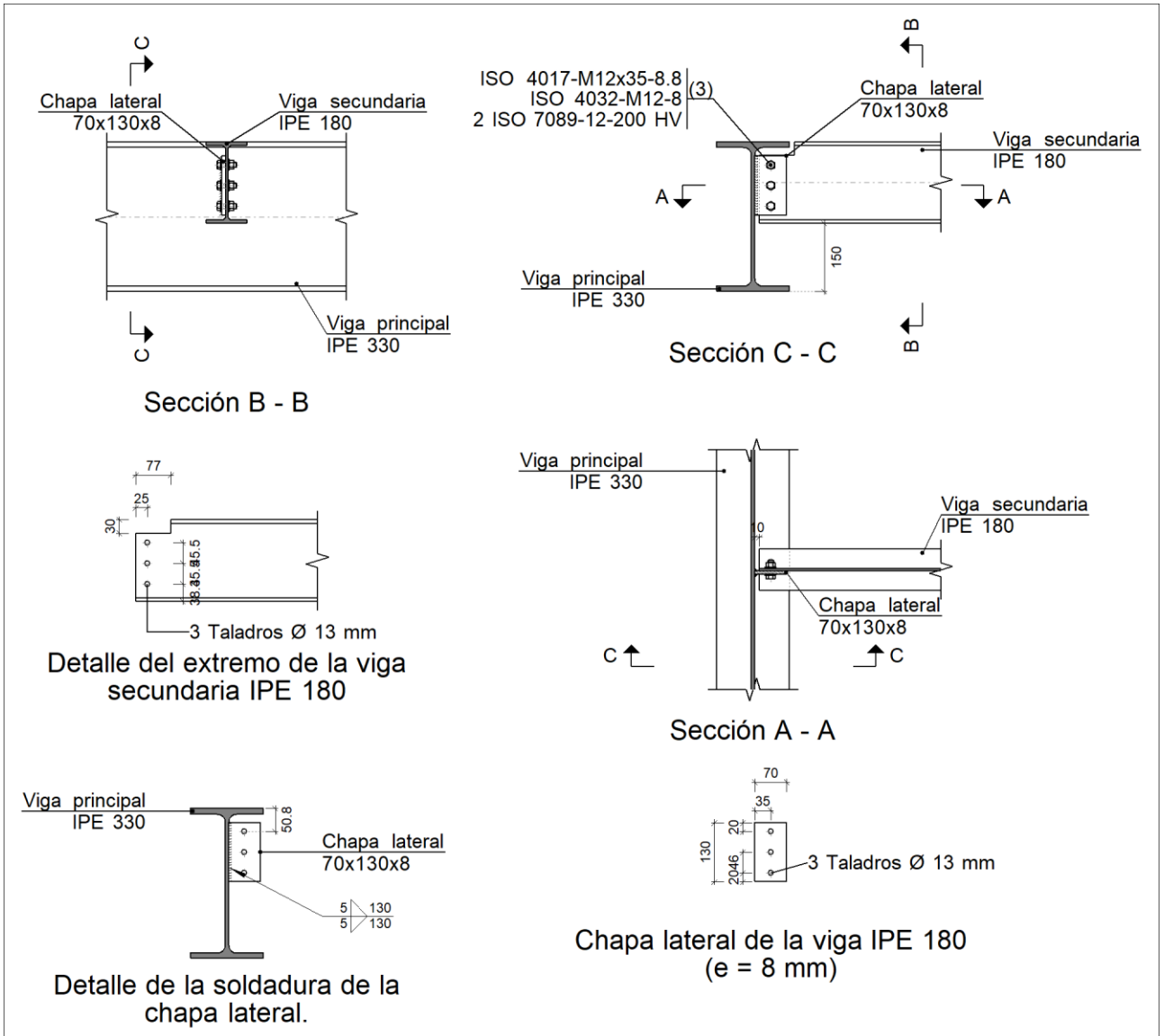
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	2607
			5	1420

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	307x75x11	7.95
	Chapas	1	160x300x12	4.52
				Total

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	6	ISO 4017-M16x50
Tuercas	Clase 8	6	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	12	ISO 7089-16

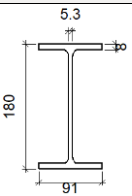
3.6.2.11 TIPO 11Viga entreplanta IPE330-Viga estructura escalera IPE330

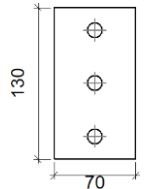
a) Detalle

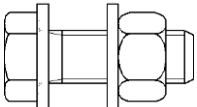


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f _y (MPa)	f _u (MPa)
Viga	IPE 330		330	160	11.5	7.5	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_y (MPa)	f_u (MPa)
Viga	IPE 180		180	91	8	5.3	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Chapa lateral: Viga secundaria IPE 180		70	130	8	3	13	S275	275.0	410.0

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ISO 4017-M12x35-8.8 ISO 4032-M12-8 2 ISO 7089-12-200 HV		M12	35	8.8	640.0	800.0

c) Comprobación

1) Viga principal

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Alma	Punzonamiento	kN	0.00	60.11	0.00

2) Viga secundaria IPE 180

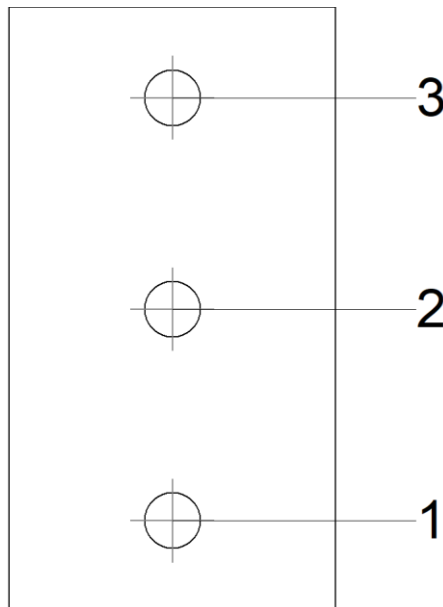
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.12
	Tensiones combinadas	--	--	--	33.66
	Pandeo local	N/mm ²	60.13	241.98	24.85

	Aplastamiento	kN	19.70	50.55	38.97
	Desgarro	kN	38.71	110.08	35.17
Alma	Aplastamiento	kN	19.70	36.11	54.57
	Desgarro	kN	38.71	78.34	49.41

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	130	7.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	σ_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	$\sigma_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	34.0	34.0	29.8	85.4	22.12	34.0	10.37	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	20	25	46	--	19.5
2	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	--	25	46	--	35.0
3	ISO 4017-M12x35-8.8	13.0	20	25	46	--	19.5

Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
--: La comprobación no procede.							

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	19.702	26.976	73.04	Vástago	0.000	48.557	0.00	73.04	73.04
	Aplastamiento	19.702	50.553	38.97	Punzonamiento	0.000	62.308	0.00		
2	Sección transversal	12.903	26.976	47.83	Vástago	0.000	48.557	0.00	47.83	47.83
	Aplastamiento	12.903	72.160	17.88	Punzonamiento	0.000	62.308	0.00		
3	Sección transversal	19.702	26.976	73.04	Vástago	0.000	48.557	0.00	73.04	73.04
	Aplastamiento	19.702	71.284	27.64	Punzonamiento	0.000	62.308	0.00		

d) Medición

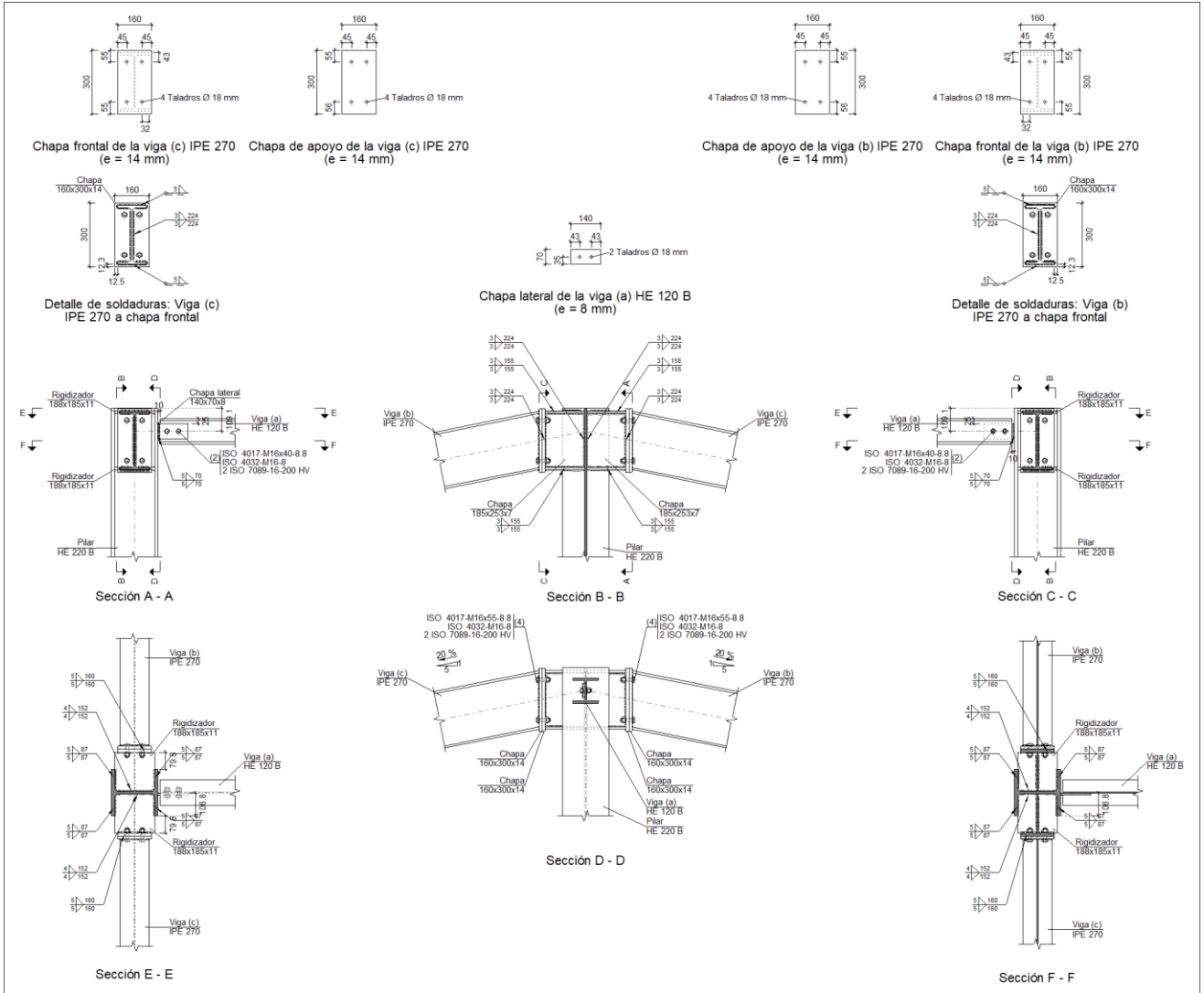
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	5	260

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	70x130x8	0.57
				Total

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	3	ISO 4017-M12x35
Tuercas	Clase 8	3	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	6	ISO 7089-12

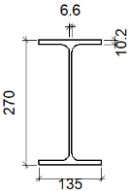
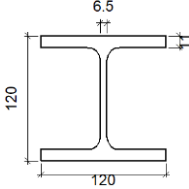
3.6.2.12 TIPO 12: Dintel IPE270 (Pórtico 11)

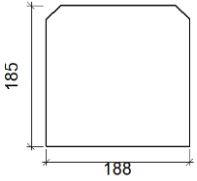
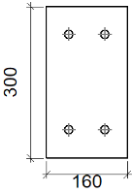
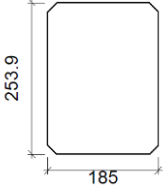
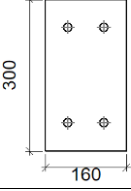
a) Detalle

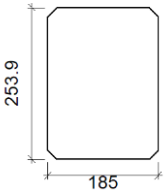
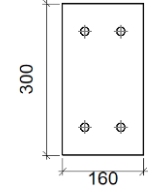
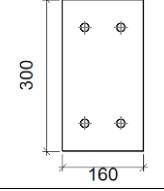
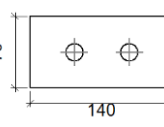


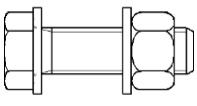
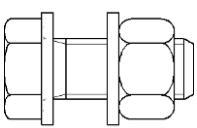
b) Descripción de los componentes de la unión

		Perfiles							
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f _y (MPa)	f _u (MPa)
Pilar	HE 220 B		220	220	16	9.5	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_y (MPa)	f_u (MPa)
Viga	IPE 270		270	135	10.2	6.6	S275	275.0	410.0
Viga	HE 120 B		120	120	11	6.5	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		188	185	11	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa de apoyo de la viga Viga (c) IPE 270		160	300	14	4	18	S275	275.0	410.0
Chapa vertical de la viga Viga (c) IPE 270		185	253.9	7	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 270		160	300	14	4	18	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 270		185	253.9	7	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa frontal: Viga (c) IPE 270		160	300	14	4	18	S275	275.0	410.0
Chapa frontal: Viga (b) IPE 270		160	300	14	4	18	S275	275.0	410.0
Chapa lateral: Viga (a) HE 120 B		140	70	8	2	18	S275	275.0	410.0

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ISO 4017-M16x55-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	55	8.8	640.0	800.0
ISO 4017-M16x40-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	40	8.8	640.0	800.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltez	--	--	--	30.58	
	Cortante	kN	13.15	356.76	3.69	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	74.25	261.90	28.35	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	89.15	261.90	34.04	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	73.57	261.90	28.09	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	89.42	261.90	34.14	
Chapa frontal [Viga (c) IPE 270]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00	
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00	
Chapa vertical [Viga (c) IPE 270]	Cortante	kN	79.42	164.06	48.41	
Chapa frontal [Viga (b) IPE 270]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00	
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00	
Chapa vertical [Viga (b) IPE 270]	Cortante	kN	79.01	164.06	48.16	
Ala	Desgarro	N/mm ²	25.52	261.90	9.75	
	Cortante	N/mm ²	37.02	261.90	14.14	
Viga (c) IPE 270	Rigidizadores	Tracción	kN	18.60	194.46	9.57
	Chapa de apoyo	Tracción por flexión	kN	71.85	179.63	40.00
	Chapa vertical	Tracción	kN	34.65	136.91	25.30
Viga (b) IPE 270	Rigidizadores	Tracción	kN	18.51	194.46	9.52
	Chapa de apoyo	Tracción por flexión	kN	71.49	179.63	39.80
	Chapa vertical	Tracción	kN	34.47	136.91	25.18

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	5	87	11.0	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	5	160	11.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	5	87	11.0	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	5	160	11.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	5	87	11.0	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	5	160	11.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	5	87	11.0	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	5	160	11.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	3	224	7.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	3	224	7.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	3	155	7.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	3	155	7.0	90.00
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	3	224	7.0	90.00

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	3	224	7.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	3	155	7.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	3	155	7.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ _{∥∥} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	47.2	81.7	21.16	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	6.8	11.8	3.07	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	33.2	33.2	0.2	66.5	17.22	33.2	10.13	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	56.6	98.1	25.41	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	4.2	7.3	1.89	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	42.0	42.0	0.4	84.0	21.76	42.0	12.80	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	46.7	80.9	20.97	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	2.8	4.9	1.26	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	33.1	33.1	0.1	66.1	17.13	33.1	10.08	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	56.8	98.4	25.49	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	6.3	10.9	2.82	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	42.1	42.1	0.4	84.3	21.85	42.2	12.85	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	15.5	26.8	6.94	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	15.5	26.8	6.94	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	85.4	147.9	38.33	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	52.2	90.4	23.41	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	15.4	26.6	6.90	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	15.4	26.6	6.90	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	85.0	147.2	38.14	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	52.1	90.2	23.37	0.0	0.00	410.0	0.85

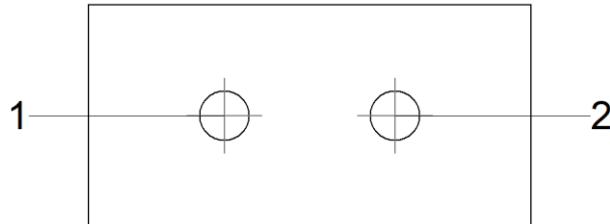
2) Viga (a) HE 120 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.66
	Tensiones combinadas	--	--	--	14.78
	Pandeo local	N/mm ²	38.61	230.97	16.72
	Aplastamiento	kN	8.13	78.62	10.35
	Desgarro	kN	16.24	62.90	25.81
Alma	Aplastamiento	kN	8.26	64.51	12.81
	Desgarro	kN	16.24	141.03	11.51

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	5	70	8.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w	
	β _⊥ (N/mm ²)	β _∥ (N/mm ²)	β _{∥∥} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	β _⊥ (N/mm ²)			Aprov. (%)
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	16.4	16.4	1.3	32.8	8.51	16.4	5.00	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x40-8.8	18.0	35	33	--	54	35.0
2	ISO 4017-M16x40-8.8	18.0	35	43	--	54	35.0
--: La comprobación no procede.							

Resistencia				
Tornillo	Cortante	Tracción	Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)

	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	8.263	50.240	16.45	Vástago	0.000	90.432	0.00	16.45	16.45
	Aplastamiento	8.263	82.771	9.98	Punzonamiento	0.000	101.975	0.00		
2	Sección transversal	8.135	50.240	16.19	Vástago	0.000	90.432	0.00	16.19	16.19
	Aplastamiento	8.135	78.616	10.35	Punzonamiento	0.000	101.975	0.00		

3) Viga (c) IPE 270

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	71.85	178.84	40.18
Ala	Compresión	kN	84.18	367.78	22.89
	Tracción	kN	18.52	180.32	10.27
Alma	Tracción	kN	34.81	131.47	26.48

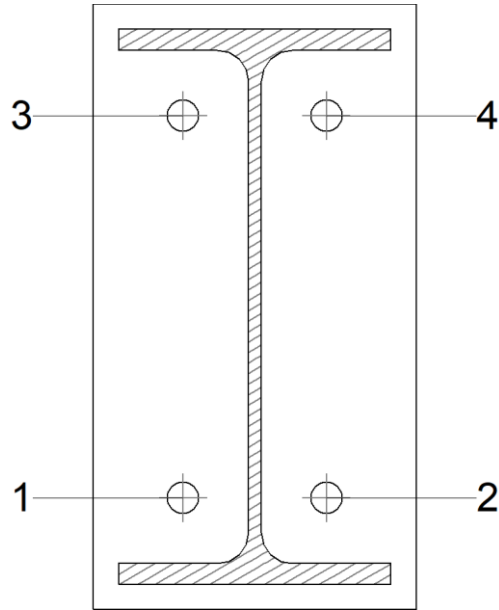
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	5	135	10.2	78.69	
Soldadura del alma	En ángulo	3	224	6.6	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	5	135	10.2	78.69	

*a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	σ _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ _{∥∥} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	67.8	55.6	0.2	117.7	30.50	67.8	20.66	410.0	0.85
Soldadura del alma	69.5	69.5	15.5	141.5	36.68	69.5	21.19	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	50.0	41.0	0.4	86.9	22.51	50.0	15.25	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos

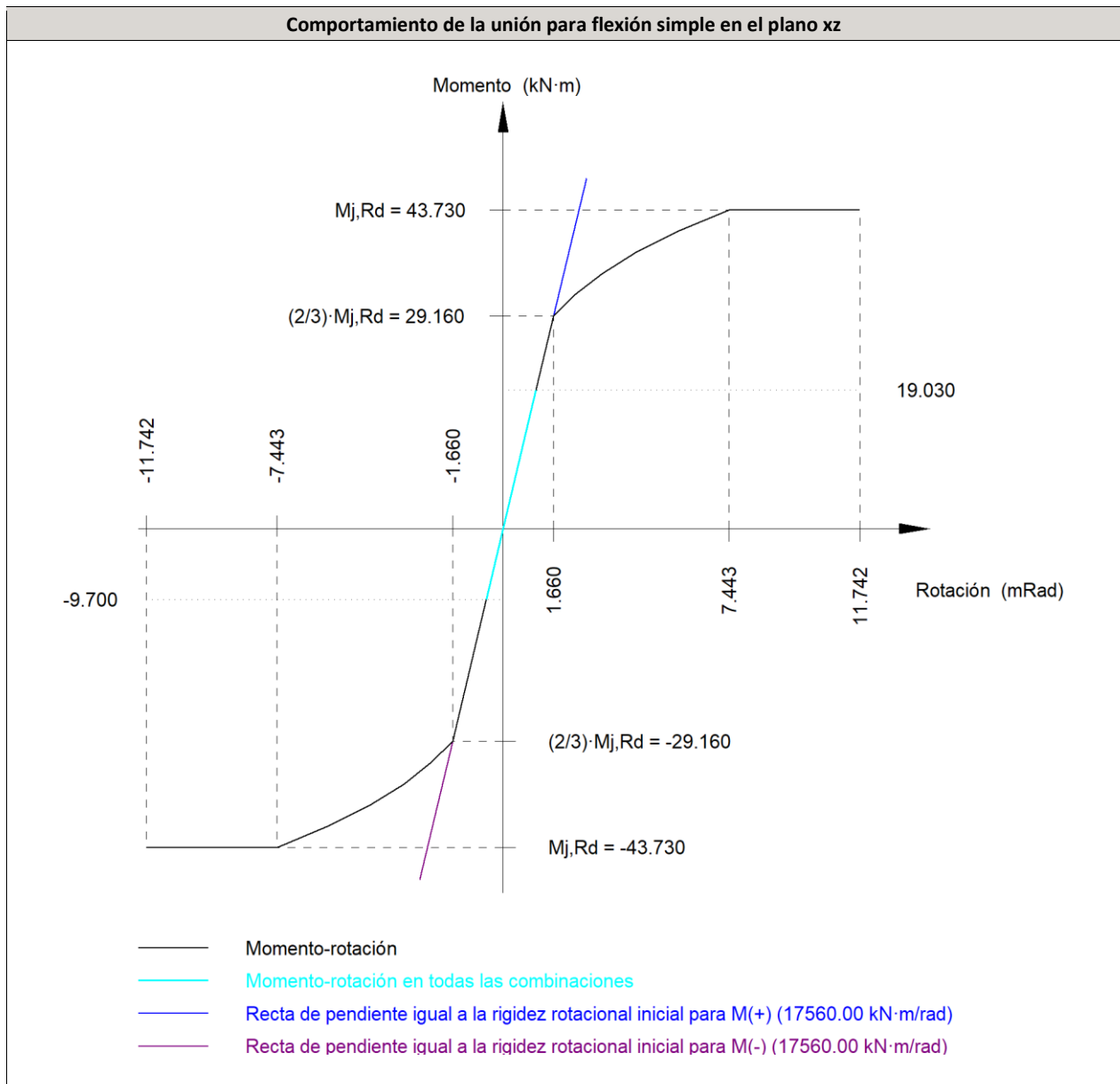


Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	45	189	71	32.0
2	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	45	189	71	32.0
3	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	45	189	71	32.0
4	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	45	189	71	32.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	5.229	50.240	10.41	Vástago	24.028	90.432	26.57	22.99	26.57
	Aplastamiento	5.229	183.572	2.85	Punzonamiento	24.028	219.639	10.94		
2	Sección transversal	5.171	50.240	10.29	Vástago	22.892	90.432	25.31	24.20	25.31
	Aplastamiento	5.171	183.680	2.82	Punzonamiento	22.892	219.639	10.42		
3	Sección transversal	12.206	50.240	24.29	Vástago	36.332	90.432	40.18	39.09	40.18
	Aplastamiento	12.206	183.680	6.65	Punzonamiento	36.332	219.639	16.54		
4	Sección transversal	5.166	50.240	10.28	Vástago	35.959	90.432	39.76	38.68	39.76
	Aplastamiento	5.166	183.680	2.81	Punzonamiento	35.959	219.639	16.37		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	6815.69	17560.00
Calculada para momentos negativos	6815.69	17560.00



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.78	1.80	99.07
Momento resistente	kNm	19.03	43.73	43.52
Capacidad de rotación	mRad	92.310	667	13.85

4) Viga (b) IPE 270

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	71.49	178.84	39.97

Ala	Compresión	kN	84.37	367.78	22.94
	Tracción	kN	18.43	180.32	10.22
Alma	Tracción	kN	34.63	131.47	26.34

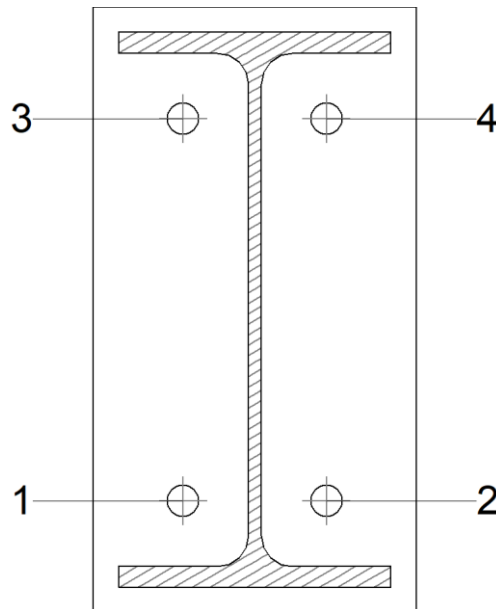
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	5	135	10.2	78.69	
Soldadura del alma	En ángulo	3	224	6.6	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	5	135	10.2	78.69	

*a: Espesor garganta
l: Longitud efectiva
t: Espesor de piezas*

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	β_w
	β_{\perp} (N/mm ²)	β_{\parallel} (N/mm ²)	$\beta_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	β_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	67.4	55.3	0.1	117.1	30.34	67.4	20.55	410.0	0.85
Soldadura del alma	69.1	69.1	15.4	140.8	36.50	69.1	21.08	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	50.1	41.1	0.5	87.1	22.57	50.1	15.29	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)

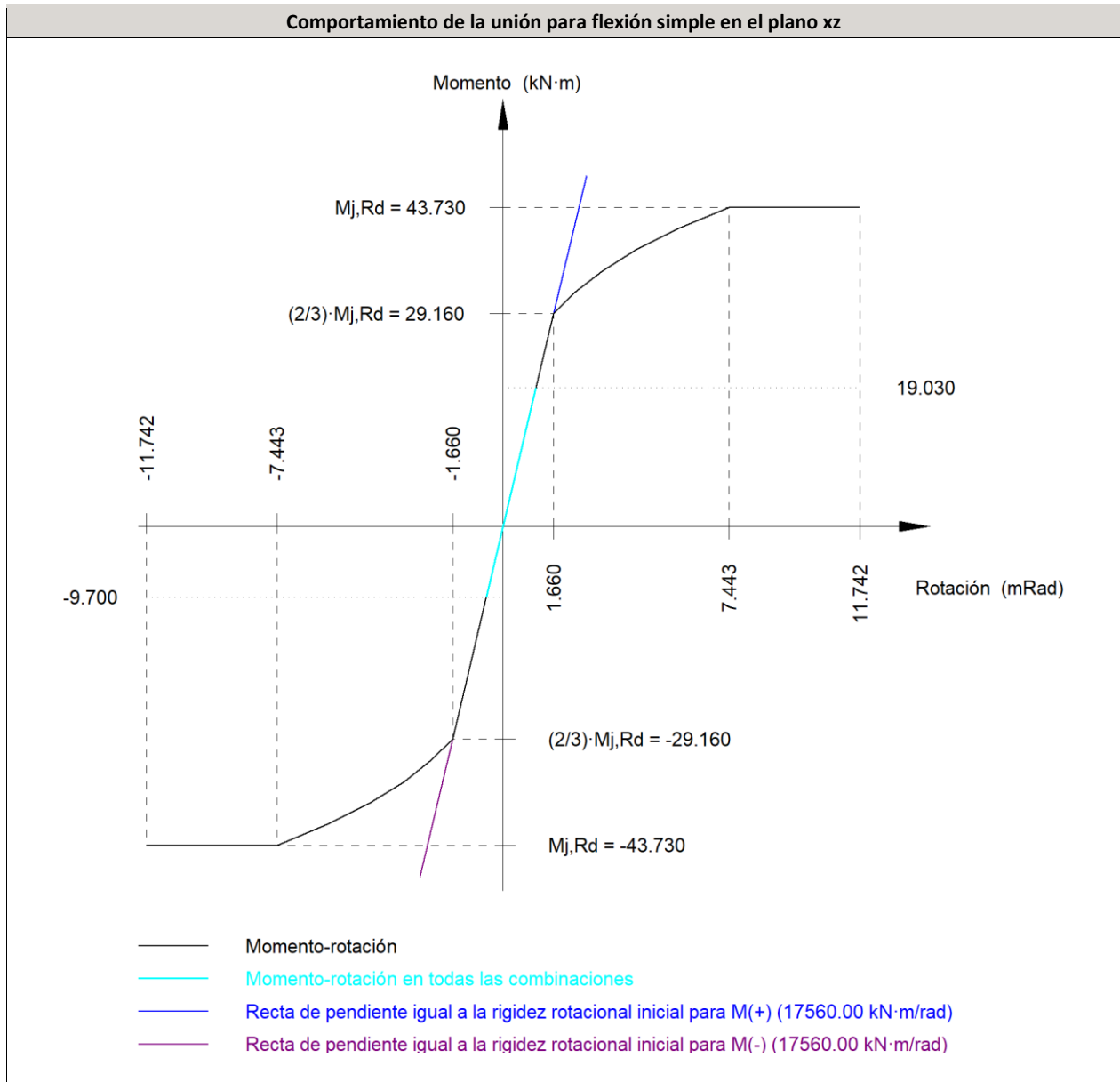
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	45	189	71	32.0
2	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	45	189	71	32.0
3	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	45	189	71	32.0
4	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	45	189	71	32.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	5.122	50.240	10.20	Vástago	22.819	90.432	25.23	23.67	25.23
	Aplastamiento	5.122	183.680	2.79	Punzonamiento	22.819	219.639	10.39		
2	Sección transversal	5.227	50.240	10.41	Vástago	23.991	90.432	26.53	26.99	26.99
	Aplastamiento	4.751	159.616	2.98	Punzonamiento	23.991	219.639	10.92		
3	Sección transversal	5.114	50.240	10.18	Vástago	35.777	90.432	39.56	38.44	39.56
	Aplastamiento	5.114	183.680	2.78	Punzonamiento	35.777	219.639	16.29		
4	Sección transversal	12.273	50.240	24.43	Vástago	36.150	90.432	39.97	38.94	39.97
	Aplastamiento	12.273	183.680	6.68	Punzonamiento	36.150	219.639	16.46		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	6815.69	17560.00
Calculada para momentos negativos	6815.69	17560.00

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.78	1.80	99.07
Momento resistente	kNm	19.03	43.73	43.52
Capacidad de rotación	mRad	92.299	667	13.84

d) Medición

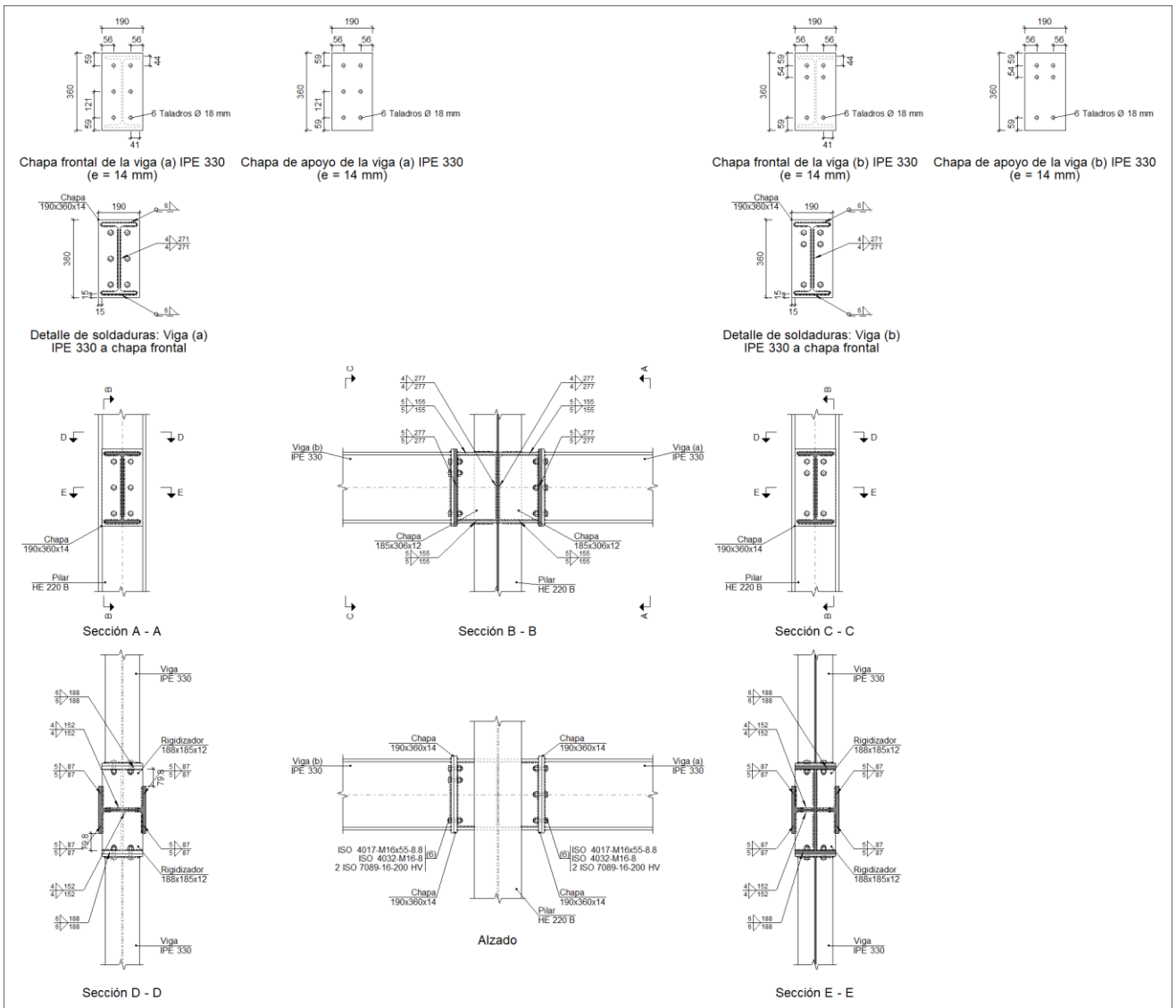
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	3927
			4	1216
			5	3833

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	188x185x11	12.01
	Chapas	2	185x253x7	5.16
		1	140x70x8	0.62
		4	160x300x14	21.10
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	2	ISO 4017-M16x40
		8	ISO 4017-M16x55
Tuercas	Clase 8	10	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	20	ISO 7089-16

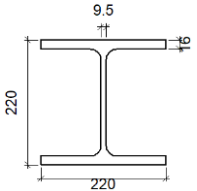
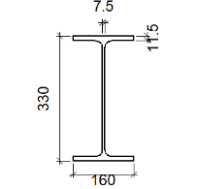
3.6.2.13 Tipo 13: Pilarillo EHB220-Viga entreplanta IPE330

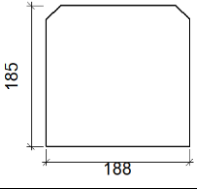
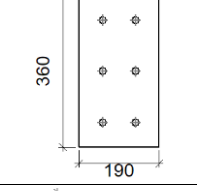
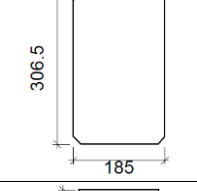
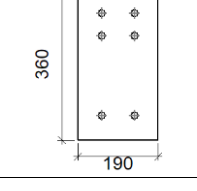
a) Detalle

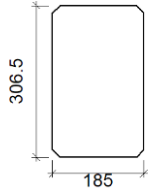
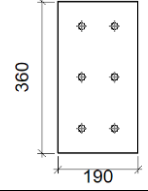
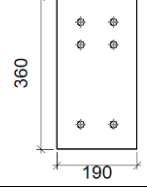


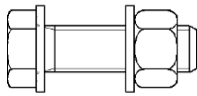
b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Geometría					Acero		
		Esquema	Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f _y (MPa)	f _u (MPa)

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 220 B		220	220	16	9.5	S275	275.0	410.0
Viga	IPE 330		330	160	11.5	7.5	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		188	185	12	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa de apoyo de la viga Viga (a) IPE 330		190	360	14	6	18	S275	275.0	410.0
Chapa vertical de la viga Viga (a) IPE 330		185	306.5	12	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa de apoyo de la viga Viga (b) IPE 330		190	360	14	6	18	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Chapa vertical de la viga Viga (b) IPE 330		185	306.5	12	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa frontal: Viga (a) IPE 330		190	360	14	6	18	S275	275.0	410.0
Chapa frontal: Viga (b) IPE 330		190	360	14	6	18	S275	275.0	410.0

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ISO 4017-M16x55-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	55	8.8	640.0	800.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 B

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Panel	Esbeltez	--	--	--	30.58
	Cortante	kN	0.67	427.29	0.16
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	222.12	261.90	84.81
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	213.15	261.90	81.39
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	224.89	261.90	85.87
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	215.96	261.90	82.46
Chapa frontal [Viga (a) IPE 330]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
	Deformación admisible	mRad	--	2	0.00

	Chapa vertical [Viga (a) IPE 330]	Cortante	kN	263.49	281.25	93.68
	Chapa frontal [Viga (b) IPE 330]	Interacción flexión - cortante	--	--	--	0.00
		Deformación admisible	mRad	--	2	0.00
	Chapa vertical [Viga (b) IPE 330]	Cortante	kN	267.91	281.25	95.26
	Ala	Desgarro	N/mm ²	92.31	261.90	35.25
		Cortante	N/mm ²	104.49	261.90	39.89
Viga (a) IPE 330	Rigidizadores	Tracción	kN	45.83	251.43	18.23
	Chapa de apoyo	Tracción por flexión	kN	179.88	180.86	99.46
	Chapa vertical	Tracción	kN	88.19	221.92	39.74
Viga (b) IPE 330	Rigidizadores	Tracción	kN	37.07	251.43	14.75
	Chapa de apoyo	Tracción por flexión	kN	114.67	123.98	92.49
	Chapa vertical	Tracción	kN	114.67	227.54	50.40

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	190	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	190	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	190	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	190	12.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	4	277	9.5	90.00				
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	5	277	12.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	5	155	12.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	5	155	12.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al alma	En ángulo	4	277	9.5	90.00				
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	En ángulo	5	277	12.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	En ángulo	5	155	12.0	90.00				
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	En ángulo	5	155	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/mm ²)	σ _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ _{∥∥} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	153.9	266.5	69.07	0.0	0.00	410.0	0.85

Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	β _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	0.2	0.4	0.10	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	77.7	77.7	0.0	155.5	40.29	77.7	23.70	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	147.7	255.8	66.28	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	0.2	0.3	0.07	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	73.7	73.7	0.0	147.5	38.21	73.7	22.48	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	0.0	0.0	155.8	269.9	69.94	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	0.2	0.4	0.10	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a la chapa frontal	78.6	78.6	0.0	157.2	40.74	78.6	23.96	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	0.0	0.0	149.6	259.2	67.16	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	0.3	0.5	0.12	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a la chapa frontal	74.6	74.6	0.0	149.3	38.68	74.6	22.76	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	37.3	64.6	16.75	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	29.9	51.7	13.40	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	170.0	294.4	76.30	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	34.6	59.9	15.52	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al alma	0.0	0.0	37.9	65.6	17.01	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical a la chapa frontal	0.0	0.0	30.3	52.5	13.61	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador superior	0.0	0.0	172.8	299.4	77.58	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura de la chapa vertical al rigidizador inferior	0.0	0.0	35.1	60.8	15.76	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Viga (a) IPE 330

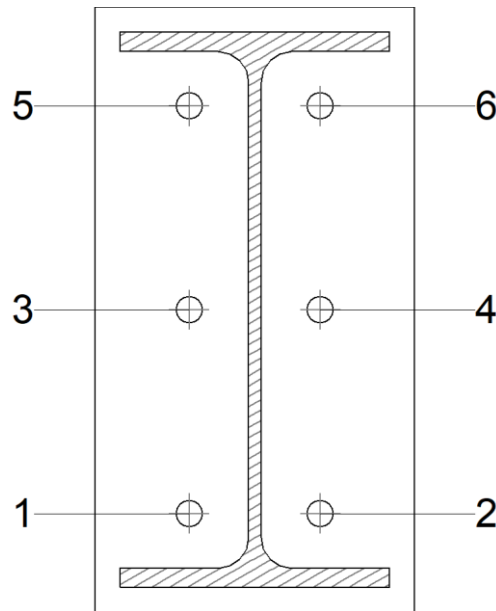
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	179.88	180.86	99.46
Ala	Compresión	kN	248.54	481.90	51.57
	Tracción	kN	49.13	240.95	20.39
Alma	Tracción	kN	81.60	156.06	52.29

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	160	11.5	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	4	271	7.5	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	160	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/mm ²)	σ_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	109.2	109.2	0.0	218.4	56.59	109.2	33.29	410.0	0.85
Soldadura del alma	127.4	127.4	38.1	263.2	68.21	127.4	38.84	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	80.8	80.8	0.1	161.5	41.85	80.8	24.62	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición								
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)	
1	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	56	121	78	32.3	
2	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	56	121	78	32.3	
3	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	56	121	78	33.0	
4	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	56	121	78	33.0	
5	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	56	121	78	32.3	
6	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	56	121	78	32.3	

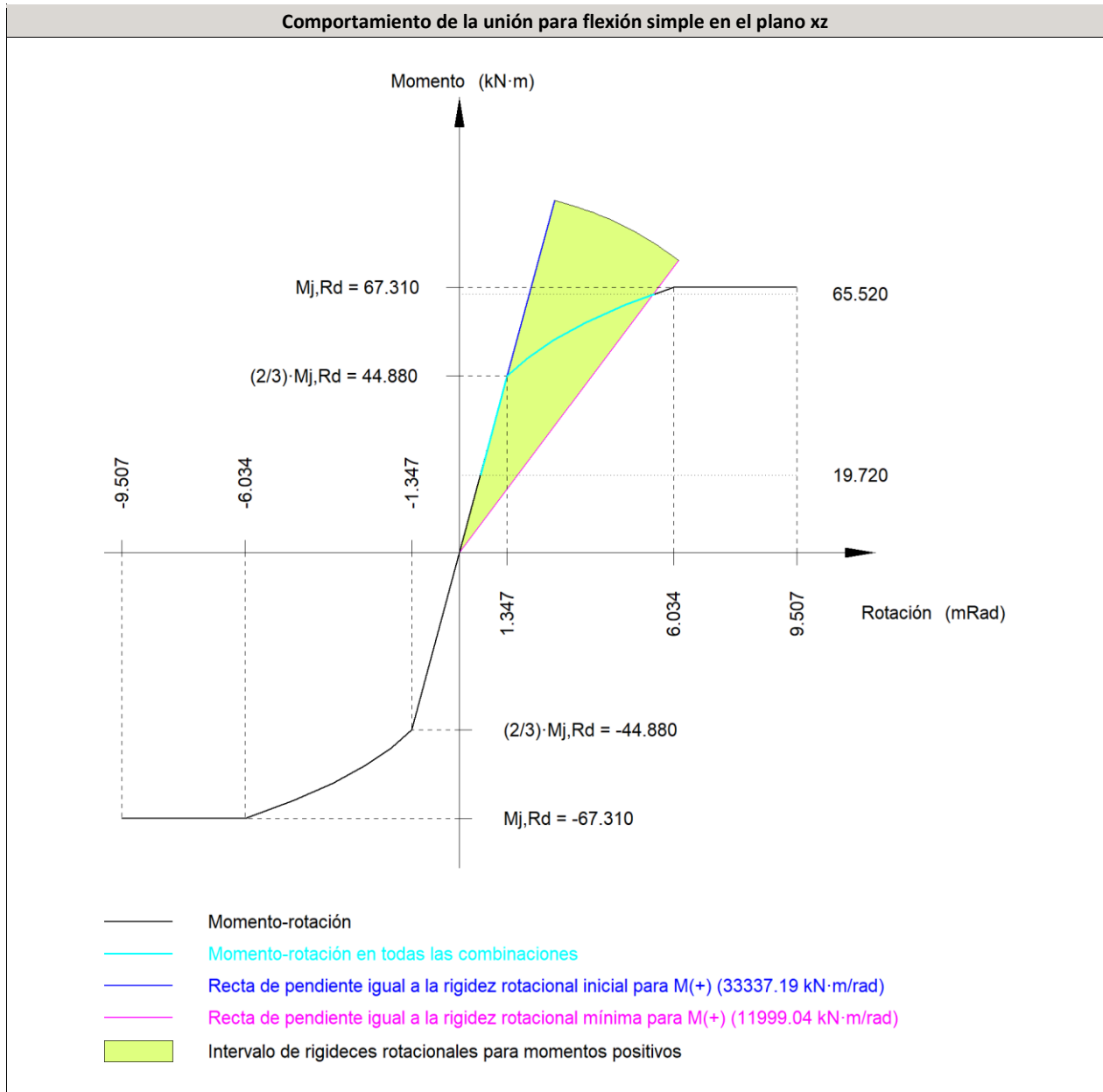
--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	13.756	50.240	27.38	Vástago	6.056	90.432	6.70	32.17	32.17
	Aplastamiento	13.756	183.680	7.49	Punzonamiento	6.056	219.639	2.76		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante Aprov. (%)	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
2	Sección transversal	13.761	50.240	27.39	Vástago	6.090	90.432	6.73	32.20	32.20
	Aplastamiento	13.761	183.680	7.49	Punzonamiento	6.090	219.639	2.77		
3	Sección transversal	13.756	50.240	27.38	Vástago	59.419	90.432	65.71	74.31	74.31
	Aplastamiento	13.756	183.680	7.49	Punzonamiento	59.419	219.639	27.05		
4	Sección transversal	13.761	50.240	27.39	Vástago	59.456	90.432	65.75	74.35	74.35
	Aplastamiento	13.761	183.680	7.49	Punzonamiento	59.456	219.639	27.07		
5	Sección transversal	13.756	50.240	27.38	Vástago	89.913	90.432	99.43	98.40	99.43
	Aplastamiento	13.756	183.680	7.49	Punzonamiento	89.913	219.639	40.94		
6	Sección transversal	13.761	50.240	27.39	Vástago	89.942	90.432	99.46	98.43	99.46
	Aplastamiento	13.761	183.680	7.49	Punzonamiento	89.942	219.639	40.95		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	12903.45	33337.19
Calculada para momentos negativos	12903.45	33337.19

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.78	1.80	99.07
Momento resistente	kNm	65.52	67.31	97.34
Capacidad de rotación	mRad	574.340	667	86.15

3) Viga (b) IPE 330

Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	114.67	120.35	95.28

Ala	Compresión	kN	232.97	481.90	48.34
	Tracción	kN	39.74	240.95	16.49
Alma	Tracción	kN	114.67	158.53	72.33

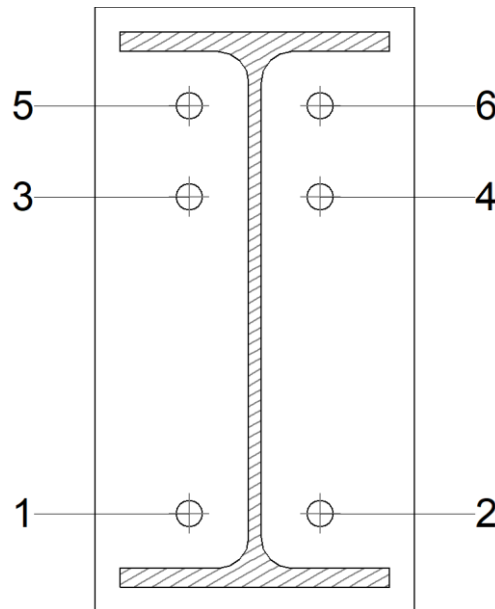
Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	160	11.5	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	4	271	7.5	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	160	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/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	σ_{45} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	88.3	88.3	0.0	176.6	45.76	88.3	26.92	410.0	0.85
Soldadura del alma	187.0	187.0	38.7	380.0	98.47	187.0	57.02	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	78.2	78.2	0.0	156.5	40.55	78.2	23.85	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)

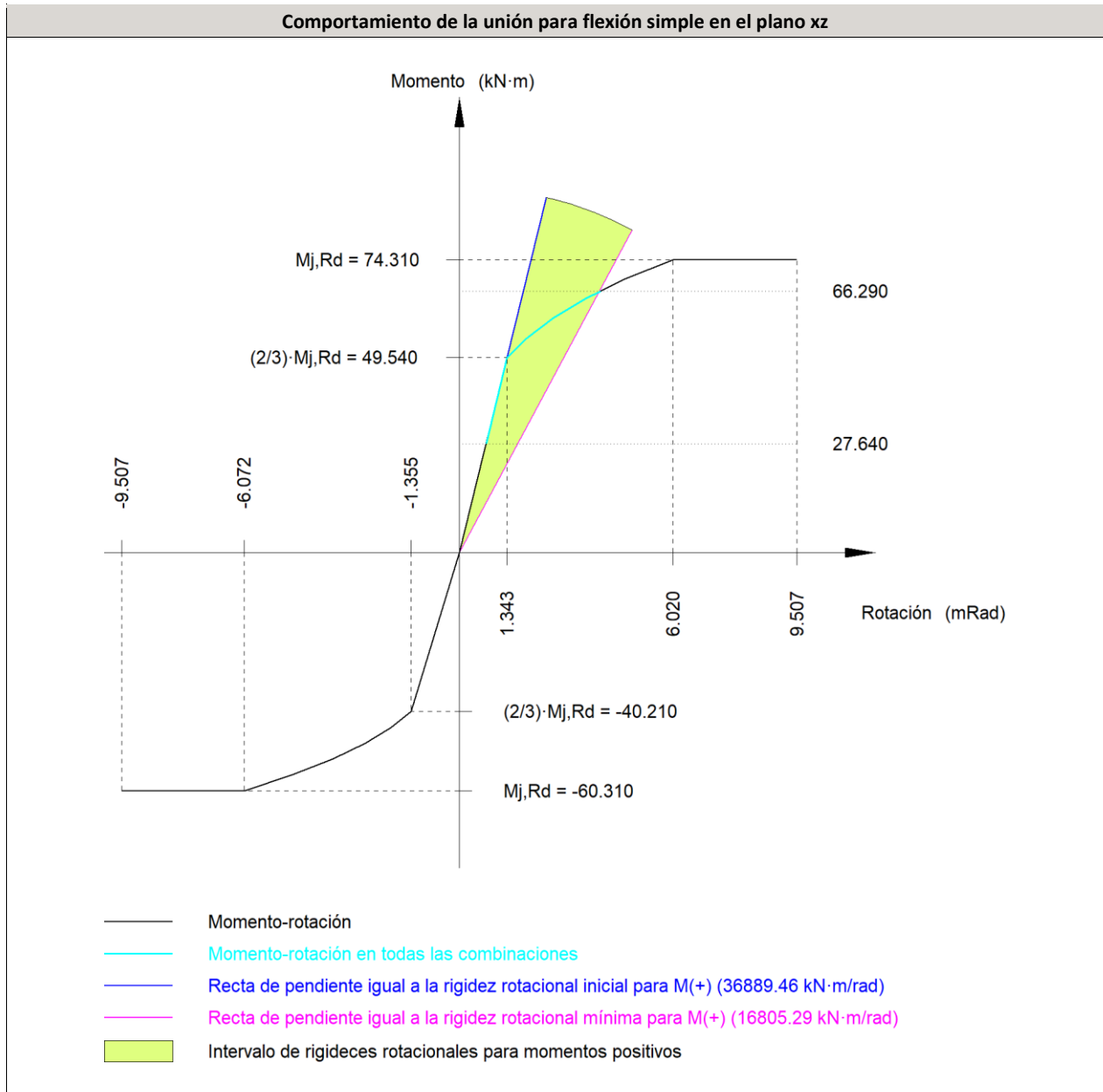
Disposición							
Tornillo	Denominación	d ₀ (mm)	e ₁ (mm)	e ₂ (mm)	p ₁ (mm)	p ₂ (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	56	189	78	32.3
2	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	56	189	78	32.3
3	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	56	54	78	33.0
4	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	56	54	78	33.0
5	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	56	54	78	32.3
6	ISO 4017-M16x55-8.8	18.0	--	56	54	78	32.3

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	13.972	50.240	27.81	Vástago	3.592	90.432	3.97	30.65	30.65
	Aplastamiento	13.972	183.680	7.61	Punzonamiento	3.592	219.639	1.64		
2	Sección transversal	13.972	50.240	27.81	Vástago	3.566	90.432	3.94	30.63	30.63
	Aplastamiento	13.972	183.680	7.61	Punzonamiento	3.566	219.639	1.62		
3	Sección transversal	13.972	50.240	27.81	Vástago	86.168	90.432	95.28	95.87	95.87
	Aplastamiento	13.972	137.760	10.14	Punzonamiento	86.168	219.639	39.23		
4	Sección transversal	13.972	50.240	27.81	Vástago	86.129	90.432	95.24	95.84	95.84
	Aplastamiento	13.972	137.760	10.14	Punzonamiento	86.129	219.639	39.21		
5	Sección transversal	13.972	50.240	27.81	Vástago	72.732	90.432	80.43	85.26	85.26
	Aplastamiento	13.972	183.680	7.61	Punzonamiento	72.732	219.639	33.11		
6	Sección transversal	13.972	50.240	27.81	Vástago	72.706	90.432	80.40	85.24	85.24
	Aplastamiento	13.972	183.680	7.61	Punzonamiento	72.706	219.639	33.10		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	12209.86	36889.46
Calculada para momentos negativos	12209.86	29681.70

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	1.78	1.80	99.07
Momento resistente	kNm	66.29	74.31	89.20
Capacidad de rotación	mRad	414.901	667	62.24

d) Medición

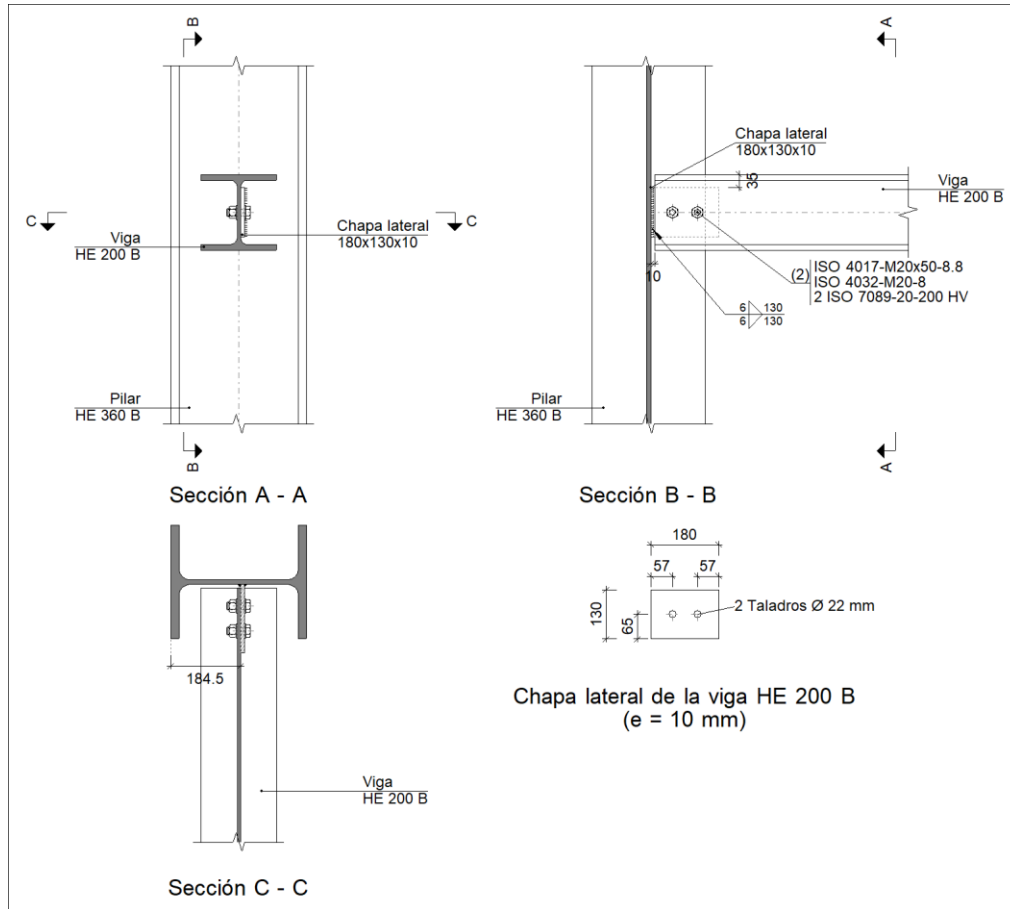
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	3406
			5	3742
			6	2718

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	188x185x12	13.11
	Chapas	2	185x306x12	10.68
		4	190x360x14	30.07
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	12	ISO 4017-M16x55
Tuercas	Clase 8	12	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	24	ISO 7089-16

3.6.2.14 Tipo 14: Pilar EHB360-Viga puerta emergencia EHB200

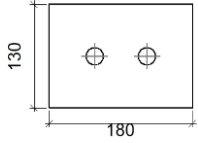
a) Detalle

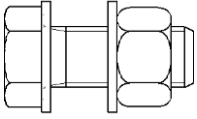


b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Pilar	HE 360 B		360	300	22.5	12.5	S275	275.0	410.0
Viga	HE 200 B		200	200	15	9	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios			
Pieza	Geometría	Taladros	Acero

	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Chapa lateral: Viga HE 200 B		180	130	10	2	22	S275	275.0	410.0

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ISO 4017-M20x50-8.8 ISO 4032-M20-8 2 ISO 7089-20-200 HV		M20	50	8.8	640.0	800.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 360 B

Comprobaciones de resistencia						
	Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Viga HE 200 B	Alma	Punzonamiento	kN	1.99	688.80	0.29
		Flexión por fuerza perpendicular	kN	1.99	217.80	0.91

2) Viga HE 200 B

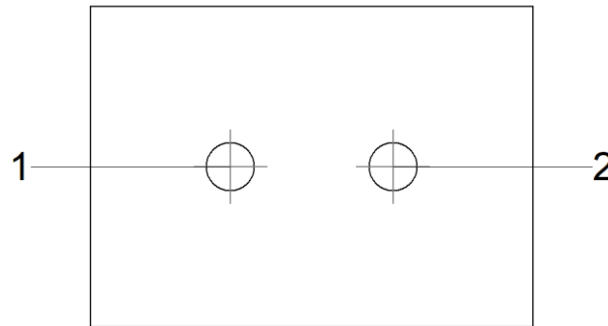
Comprobaciones de resistencia					
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa lateral	Interacción flexión - cortante	--	--	--	5.19
	Tensiones combinadas	--	--	--	47.78
	Pandeo local	N/mm ²	5.73	227.30	2.52
	Aplastamiento	kN	2.71	154.71	1.75
	Desgarro	kN	3.71	163.31	2.27
Alma	Aplastamiento	kN	2.71	139.43	1.95
	Desgarro	kN	3.71	295.31	1.26

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	En ángulo	6	130	10.0	90.00

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	σ_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	$\sigma_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Detalle de la soldadura de la chapa lateral.	0.4	2.2	0.9	4.1	1.05	2.2	0.66	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



Disposición							
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)
1	ISO 4017-M20x50-8.8	22.0	65	47	--	66	57.0
2	ISO 4017-M20x50-8.8	22.0	65	57	--	66	57.0

--: La comprobación no procede.

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante Aprov. (%)	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
1	Sección transversal	2.713	78.400	3.46	Vástago	3.655	141.120	2.59	5.30	5.30
	Aplastamiento	2.713	154.709	1.75	Punzonamiento	3.655	175.139	2.09		
2	Sección transversal	1.516	78.400	1.93	Vástago	1.410	141.120	1.00	2.64	2.64

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
	Aplastamiento	1.489	141.912	1.05	Punzonamiento	1.410	175.139	0.80		

d) Medición

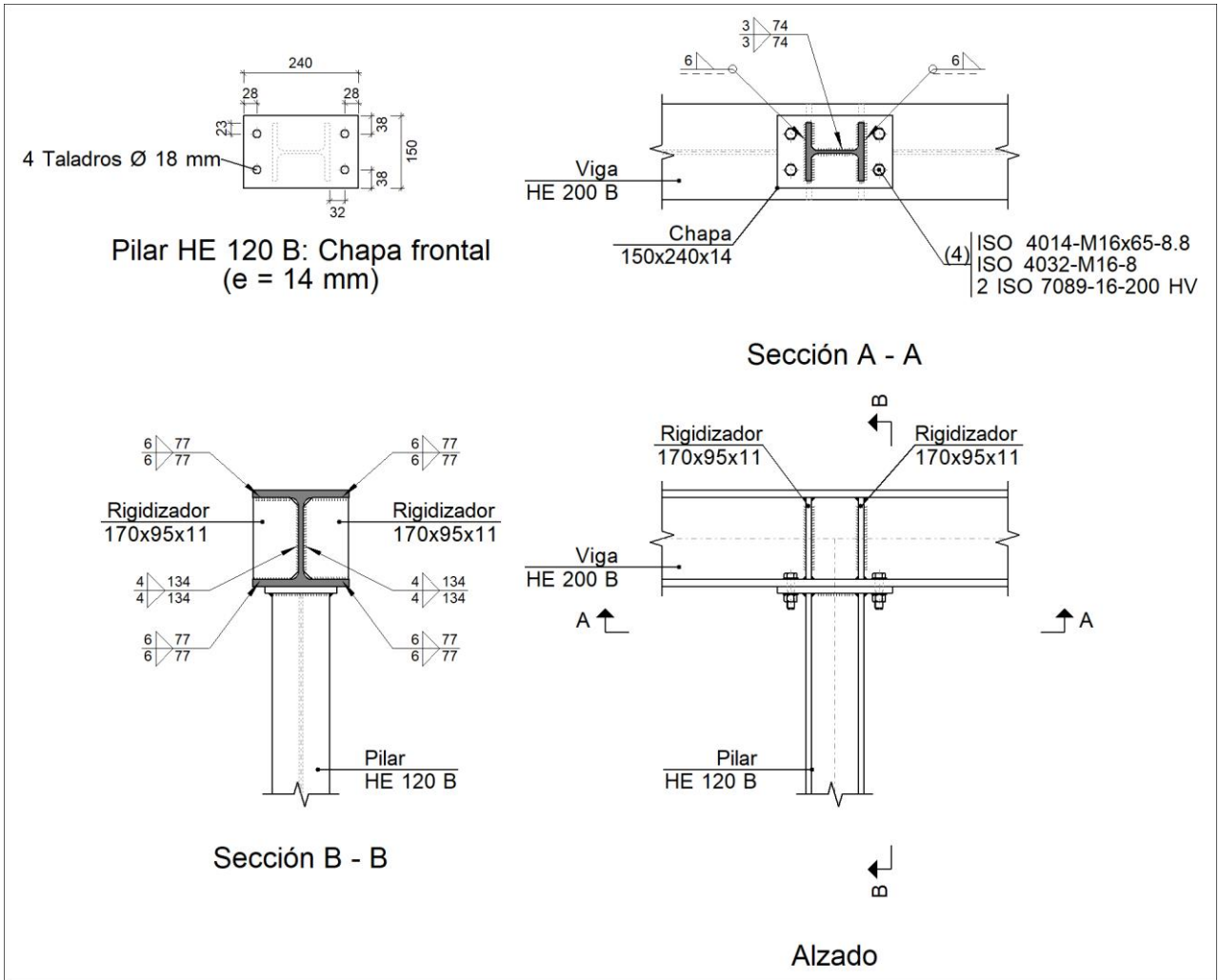
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	6	260

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Chapas	1	180x130x10	1.84
				Total

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	2	ISO 4017-M20x50
Tuercas	Clase 8	2	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-20

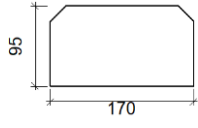
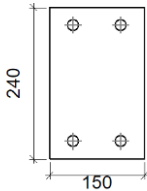
3.6.2.15 Tipo 15: Pilar puerta emergencia EHB120-Viga puerta emergencia EHB200

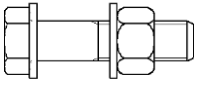
a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

Perfiles									
Pieza	Descripción	Esquema	Geometría				Acero		
			Canto total (mm)	Ancho del ala (mm)	Espesor del ala (mm)	Espesor del alma (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Viga	HE 200 B		200	200	15	9	S275	275.0	410.0
Pilar	HE 120 B		120	120	11	6.5	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		170	95	11	-	-	S275	275.0	410.0
Chapa frontal: Pilar HE 120 B		150	240	14	4	18	S275	275.0	410.0

Elementos de tornillería						
Descripción	Geometría			Acero		
	Esquema	Diámetro	Longitud (mm)	Clase	f_y (MPa)	f_u (MPa)
ISO 4014-M16x65-8.8 ISO 4032-M16-8 2 ISO 7089-16-200 HV		M16	65	8.8	640.0	800.0

c) Comprobación

1) Viga HE 200 B

Comprobaciones de resistencia						
Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)	
Panel	Esbeltz	--	--	--	29.19	
	Cortante	kN	20.89	244.96	8.53	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	12.14	261.90	4.63	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	14.09	261.90	5.38	
Rigidizador superior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	11.52	261.90	4.40	
Rigidizador inferior	Tensión de Von Mises	N/mm ²	10.68	261.90	4.08	
Ala	Cortante	N/mm ²	3.37	261.90	1.29	
Pilar HE 120 B	Ala	Tracción por flexión	kN	14.46	180.86	7.99
		Tracción	kN	3.03	236.66	1.28

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas

Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	6	77	11.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	134	9.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	6	77	11.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	134	9.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior a las alas	En ángulo	6	77	11.0	90.00
Soldadura del rigidizador superior al alma	En ángulo	4	134	9.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	En ángulo	6	77	11.0	90.00
Soldadura del rigidizador inferior al alma	En ángulo	4	134	9.0	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/mm ²)	σ _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del rigidizador superior a las alas	7.9	7.9	0.4	15.7	4.07	7.9	2.39	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	6.5	11.3	2.93	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	9.1	9.1	0.9	18.2	4.72	9.1	2.77	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	7.5	13.1	3.38	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior a las alas	7.4	7.4	0.5	14.9	3.86	7.4	2.27	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador superior al alma	0.0	0.0	7.8	13.6	3.51	0.0	0.00	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior a las alas	6.9	6.9	0.5	13.8	3.58	6.9	2.10	410.0	0.85
Soldadura del rigidizador inferior al alma	0.0	0.0	6.8	11.8	3.07	0.0	0.00	410.0	0.85

2) Pilar HE 120 B

Comprobaciones de resistencia

Componente	Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Chapa frontal	Tracción por flexión	kN	14.46	129.97	11.12
Ala	Compresión	kN	15.55	345.71	4.50
	Tracción	kN	7.23	172.86	4.18
Alma	Tracción	kN	7.23	91.55	7.90

Cordones de soldadura

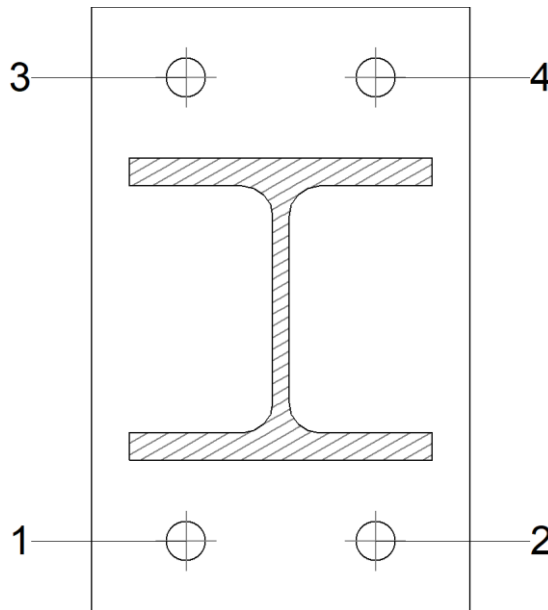
Comprobaciones geométricas

Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Soldadura del ala superior	En ángulo	6	120	11.0	90.00
Soldadura del alma	En ángulo	3	74	6.5	90.00
Soldadura del ala inferior	En ángulo	6	120	11.0	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/mm ²)	β_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	$\sigma_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	14.5	14.5	1.0	29.1	7.54	14.5	4.42	410.0	0.85
Soldadura del alma	7.5	7.5	4.7	17.0	4.40	7.5	2.28	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	14.2	14.2	1.2	28.5	7.39	14.2	4.34	410.0	0.85

Comprobaciones para los tornillos



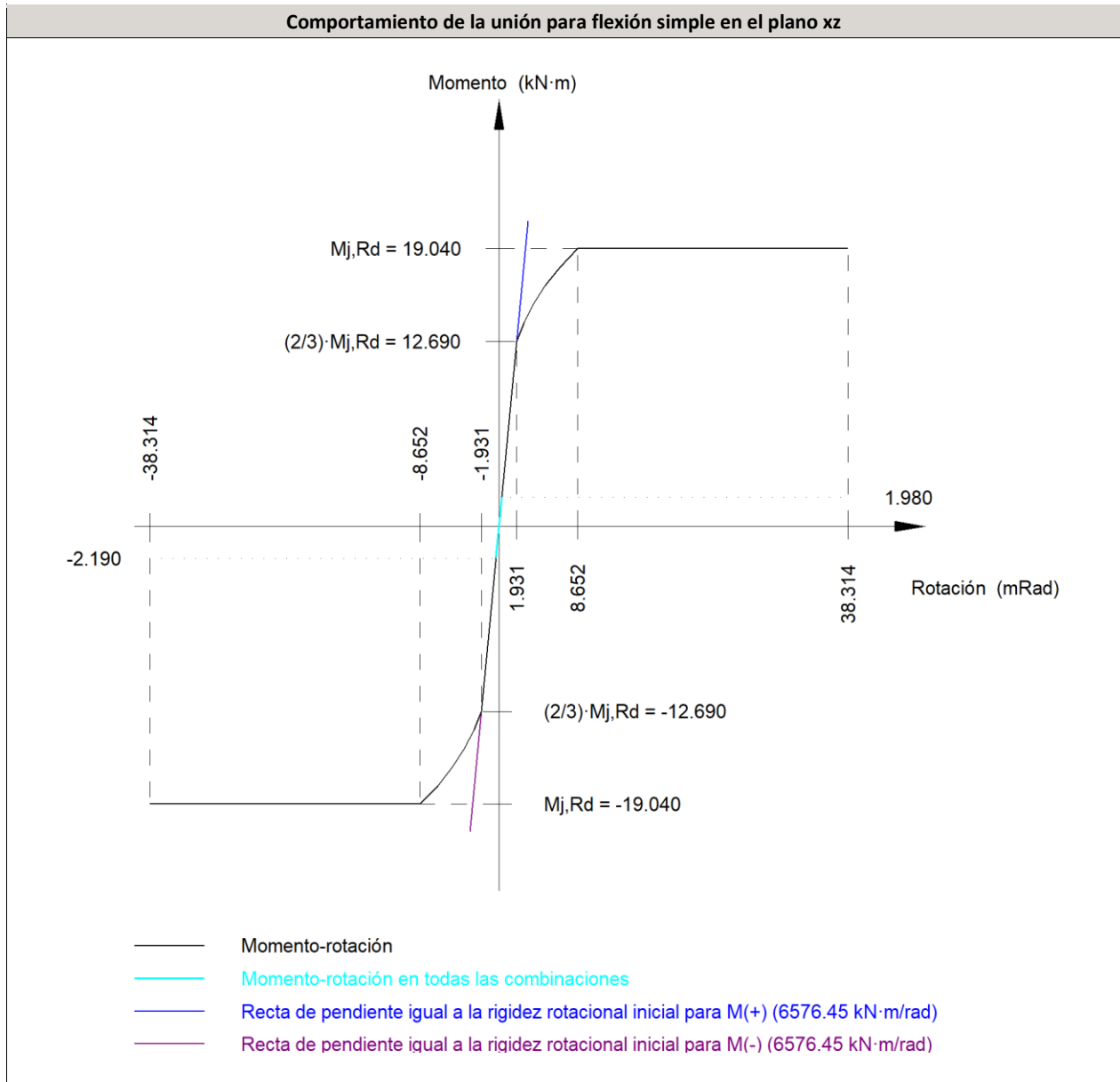
Disposición								
Tornillo	Denominación	d_0 (mm)	e_1 (mm)	e_2 (mm)	p_1 (mm)	p_2 (mm)	m (mm)	
1	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	28	38	184	75	28.0	
2	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	28	38	184	75	28.0	
3	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	28	38	184	75	28.0	
4	ISO 4014-M16x65-8.8	18.0	28	38	184	75	28.0	

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Aprov. (%)	
1	Sección transversal	0.974	64.340	1.51	Vástago	10.059	90.432	11.12	9.02	11.12
	Aplastamiento	0.875	134.571	0.65	Punzonamiento	10.059	219.639	4.58		
2	Sección transversal	0.974	64.340	1.51	Vástago	9.456	90.432	10.46	8.53	10.46
	Aplastamiento	0.869	114.360	0.76	Punzonamiento	9.456	219.639	4.31		

Resistencia										
Tornillo	Cortante				Tracción				Interacción tracción y cortante Aprov. (%)	Aprov. Máx. (%)
	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)	Comprobación	Pésimo (kN)	Resistente (kN)	Aprov. (%)		
3	Sección transversal	0.886	64.340	1.38	Vástago	8.990	90.432	9.94	7.98	9.94
	Aplastamiento	0.731	127.556	0.57	Punzonamiento	8.990	219.639	4.09		
4	Sección transversal	0.891	64.340	1.39	Vástago	8.569	90.432	9.48	7.65	9.48
	Aplastamiento	0.891	137.400	0.65	Punzonamiento	8.569	219.639	3.90		

Rigidez rotacional inicial	Plano xy (kN·m/rad)	Plano xz (kN·m/rad)
Calculada para momentos positivos	2794.61	6576.45
Calculada para momentos negativos	2794.61	6576.45

Comportamiento de la unión para flexión simple en el plano xz



Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Relación entre modos 1 y 3	--	0.83	1.80	45.88
Momento resistente	kNm	2.19	19.04	11.52
Capacidad de rotación	mRad	8.706	667	1.31

d) Medición

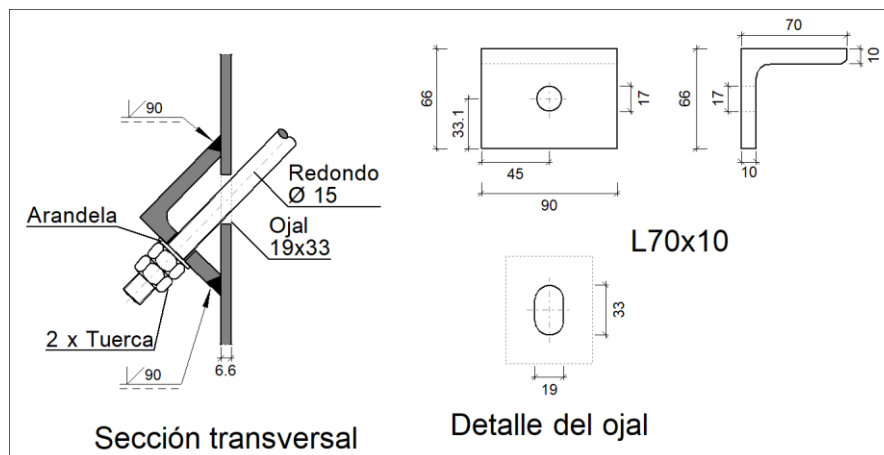
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	3	148
			4	1072
			6	1695

Chapas				
Material	Tipo	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Rigidizadores	4	170x95x11	5.58
	Chapas	1	150x240x14	3.96
	Total			

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tornillos	Clase 8.8	4	ISO 4014-M16x65
Tuercas	Clase 8	4	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-16

3.6.2.16 Tipo A: Tirante $\varnothing 15$

a) Detalle



b) Comprobación

1) L70x10 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	20.52	110.38	18.59
Flector	--	--	--	63.75

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	7		90				
<i>l: Longitud efectiva</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (N/mm ²)	σ_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.						410.0	0.85

c) Medición

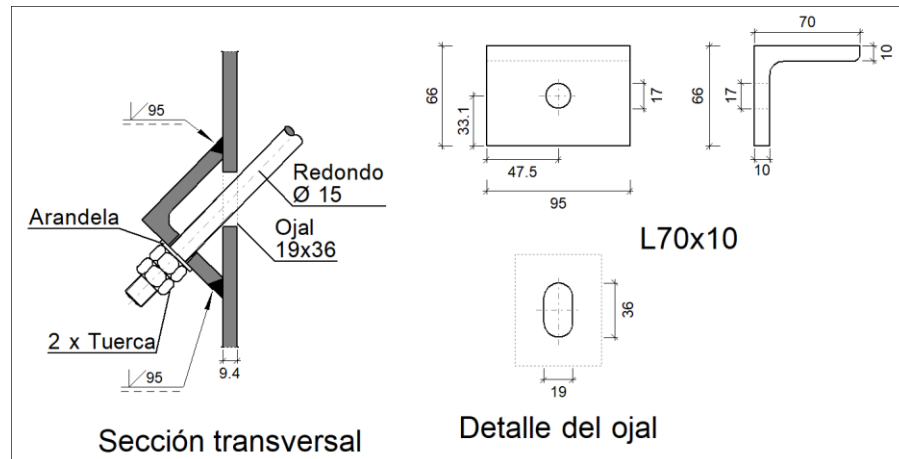
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple	10	180

Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L70x10	90	0.92
				Total

Elementos de tornillería no normalizados		
Tipo	Cantidad	Descripción
Tuercas	2	T15
Arandelas	1	A15

3.6.2.17 Tipo B: Tirante Ø 15

a) Detalle



b) Comprobación

1) L70x10 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	21.77	117.94	18.46
Flector	--	--	--	64.05

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		9		95			
<i>l: Longitud efectiva</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f _u (N/mm ²)	I _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ _{∥∥} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.						410.0	0.85

c) Medición

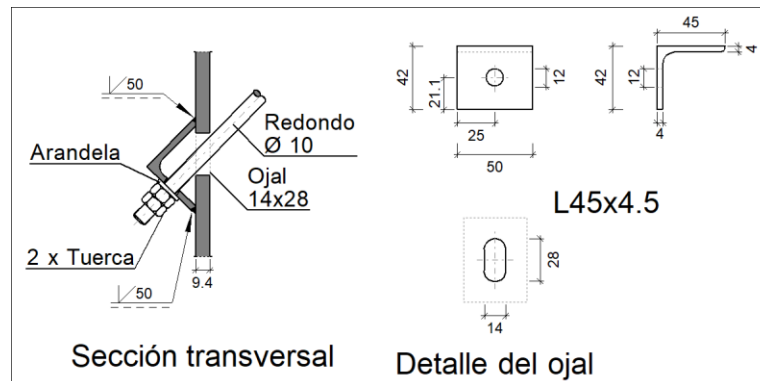
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple	10	190

Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L70x10	95	0.97
	Total			0.97

Elementos de tornillería no normalizados		
Tipo	Cantidad	Descripción
Tuercas	2	T15
Arandelas	1	A15

3.6.2.18 Tipo C : Tirante $\varnothing 10$

a) Detalle



b) Comprobación

- 1) L45x4.5 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	0.14	22.98	0.59

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Flector	--	--	--	3.13

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	4	50					
<i>l: Longitud efectiva</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f _u (N/mm ²)	σ _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ _{∥∥} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.						410.0	0.85

c) Medición

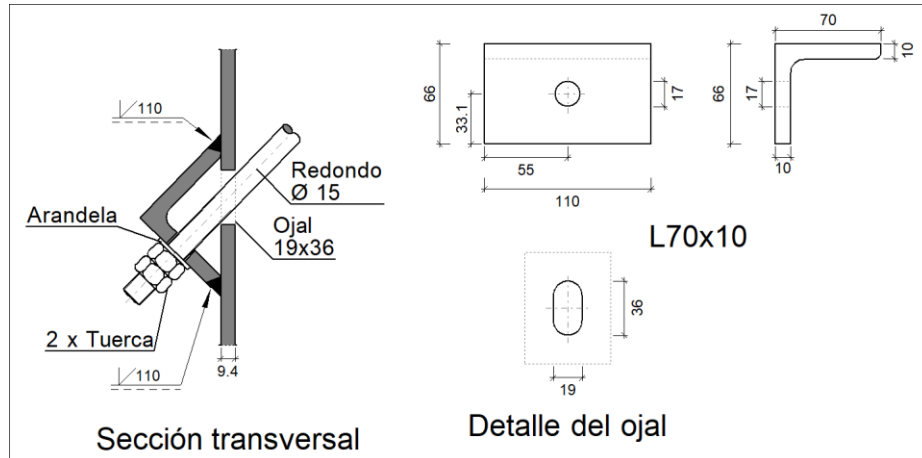
Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple	4	100

Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L45x4.5	50	0.14
	Total			0.14

Elementos de tornillería no normalizados		
Tipo	Cantidad	Descripción
Tuercas	2	T10
Arandelas	1	A10

3.6.2.19 Tipo D: Tirante Ø15

a) Detalle



b) Comprobación

1) L70x10 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
<i>La reducción de sección del tirante debida a la rosca, produce que el área efectiva del tirante no sea suficiente para resistir la tracción máxima actuante.</i>				
Cortante de la sección transversal	kN	25.58	140.63	18.19
Flector	--	--	--	65.00

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		9		110			
<i>l: Longitud efectiva</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f _u (N/mm ²)	σ _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.						410.0	0.85

c) Medición

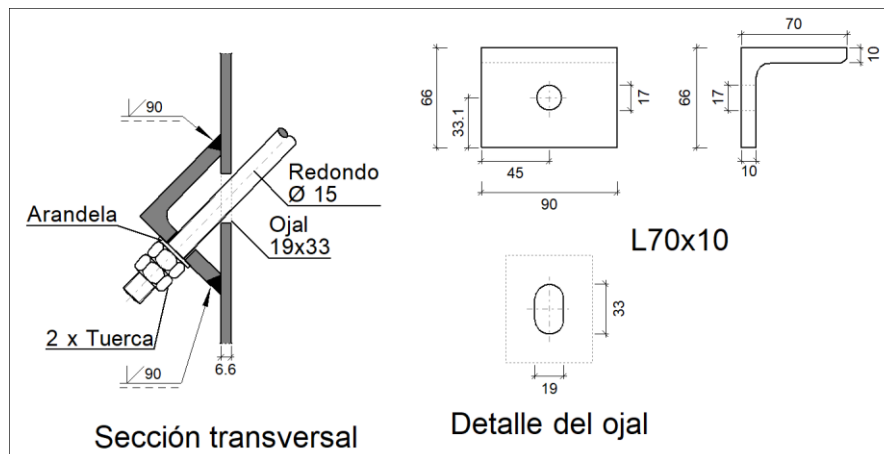
Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple	10	220

Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L70x10	110	1.12
				Total

Elementos de tornillería no normalizados		
Tipo	Cantidad	Descripción
Tuercas	2	T15
Arandelas	1	A15

3.6.2.20 Tipo E: Tirante Ø15

a) Detalle



b) Comprobación

1) L70x10 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	20.55	110.38	18.61
Flector	--	--	--	63.82

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas			
Ref.	Tipo	Preparación de bordes (mm)	l (mm)

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo				Preparación de bordes (mm)		l (mm)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	A tope en bisel simple				7		90		
<i>l: Longitud efectiva</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	σ _w
	σ ₂ (N/mm ²)	σ ₃ (N/mm ²)	σ ₁₁ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ ₂ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85

c) Medición

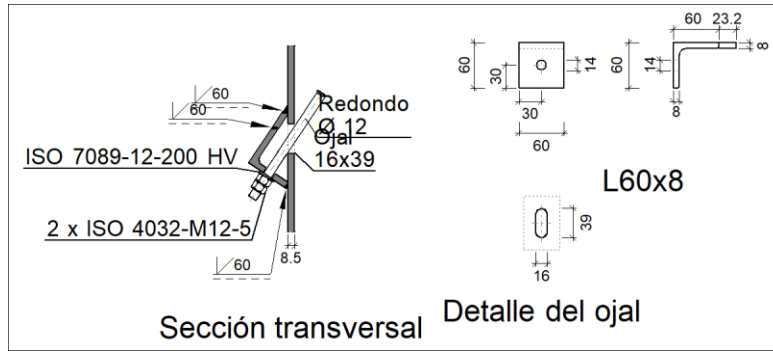
Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple	10	180

Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L70x10	90	0.92
				Total

Elementos de tornillería no normalizados		
Tipo	Cantidad	Descripción
Tuercas	2	T15
Arandelas	1	A15

3.6.2.22 Tipo F: Tirante Ø12

a) Detalle



b) Comprobación

1) L60x8 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	8.61	55.65	15.48
Flector	--	--	--	60.67

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	60						
<i>l: Longitud efectiva</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	σ_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)			
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.					410.0	0.85		

c) Medición

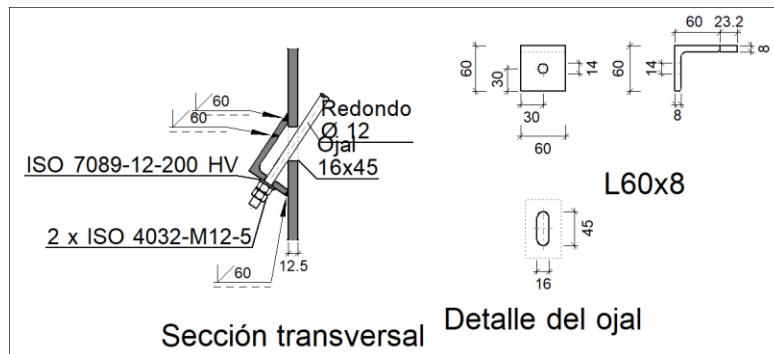
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple	8	180

Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L60x8	60	0.42
			Total	0.42

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	2	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	1	ISO 7089-12

3.6.2.23 Tipo G: Tirante Ø12

a) Detalle



b) Comprobación

1) L60x8 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	8.53	55.65	15.32
Flector	--	--	--	60.06

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		60		
<i>l: Longitud efectiva</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	σ _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85

c) Medición

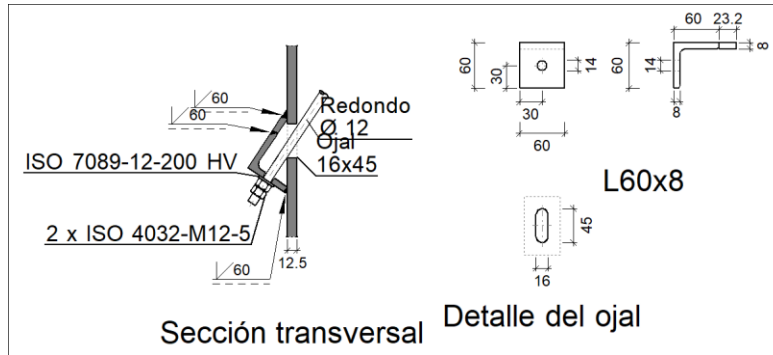
Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple	8	180

Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L60x8	60	0.42
				Total

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	2	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	1	ISO 7089-12

3.6.2.24 Tipo H: Tirante Ø12

a) Detalle



b) Comprobación

1) L60x8 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	8.54	55.65	15.35
Flector	--	--	--	60.16

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	60					
<i>l: Longitud efectiva</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f _u (N/mm ²)	I _w
	σ ₂ (N/mm ²)	σ ₃ (N/mm ²)	σ ₁₁ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ ₂ (N/mm ²)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.						410.0	0.85

c) Medición

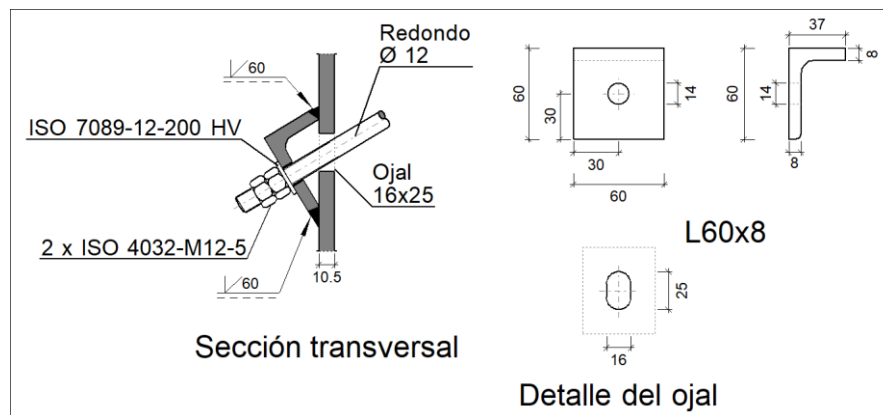
Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple	8	180

Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L60x8	60	0.42
			Total	0.42

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	2	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	1	ISO 7089-12

3.6.2.25 Tipo I: Tirante Ø12

a) Detalle



b) Comprobación

1) L60x8 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	8.68	55.65	15.60
Flector	--	--	--	61.12

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo			Preparación de bordes (mm)		I (mm)			
Soldaduras a tope del angular a la pieza	A tope en bisel simple			8		60			
<i>I: Longitud efectiva</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	σ_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	σ_{45} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85

c) Medición

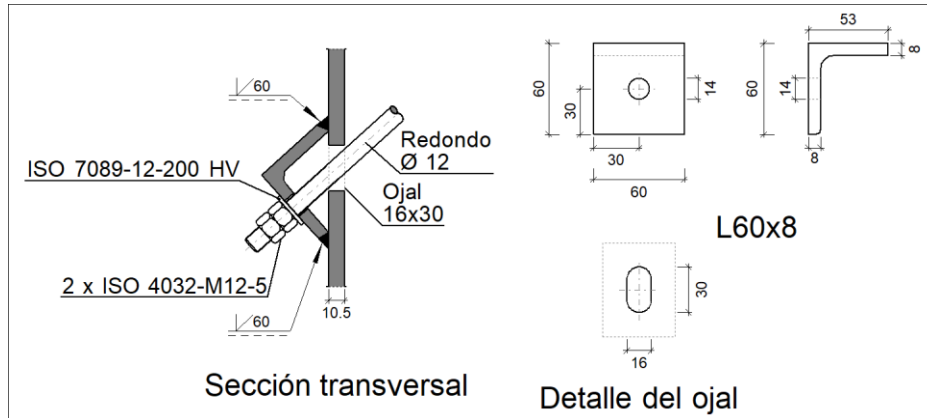
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	A tope en bisel simple	8	120

Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L60x8	60	0.42
				Total

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	2	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	1	ISO 7089-12

3.6.2.26 Tipo J: Tirante Ø12

a) Detalle



b) Comprobación

1) L60x8 (S275)

Comprobación	Unidades	Pésimo	Resistente	Aprov. (%)
Cortante de la sección transversal	kN	7.80	55.65	14.02
Flector	--	--	--	54.95

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		60		
<i>l: Longitud efectiva</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	σ_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	$\sigma_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldaduras a tope del angular a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85

c) 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	120

Angulares				
Material	Tipo	Descripción (mm)	Longitud (mm)	Peso (kg)
S275	Anclajes de tirantes	L60x8	60	0.42
			Total	0.42

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	2	ISO 4032-M12
Arandelas	Dureza 200 HV	1	ISO 7089-12

3.7 PLACA DE ANCLAJE

Debido a que los pilares metálicos no podrían asentar directamente sobre el hormigón de la cimentación, ya que éste no resistiría las tensiones transmitidas, se dispondrán unas placas metálicas entre el pilar y la cimentación. Su misión fundamental será la de disminuir las tensiones para que puedan ser admisibles para el hormigón.

Los soportes distribuirán los esfuerzos de compresión, transmitidos por las zonas comprimidas del pilar, sobre una superficie suficiente de hormigón por medio de elementos de transición, como son las placas de anclaje o basas, para que no se supere la resistencia de cálculo del citado hormigón.

La unión de la placa base con la zapata se llevará a cabo mediante pernos de anclaje embebidos en el hormigón, los cuales inmovilizarán el pilar ante posibles fuerzas de arrancamiento o momentos. El material utilizado será un acero S-275 para las placas y los pernos serán barras corrugadas B-400-S.

Las soluciones constructivas adoptadas se basan en el método recogido en el libro “Estructuras de hacer. Cálculo”, Tomo II, de D. Ramón Argüelles Álvarez, además de cumplir con lo establecido en el CTE.

3.7.1 AGRUPACIÓN

En la siguiente tabla se muestra la agrupación elegida para la distribución de las placas de anclaje tras un previo análisis de las mismas y comprobación de que realmente son admisibles para las solicitaciones de la estructura

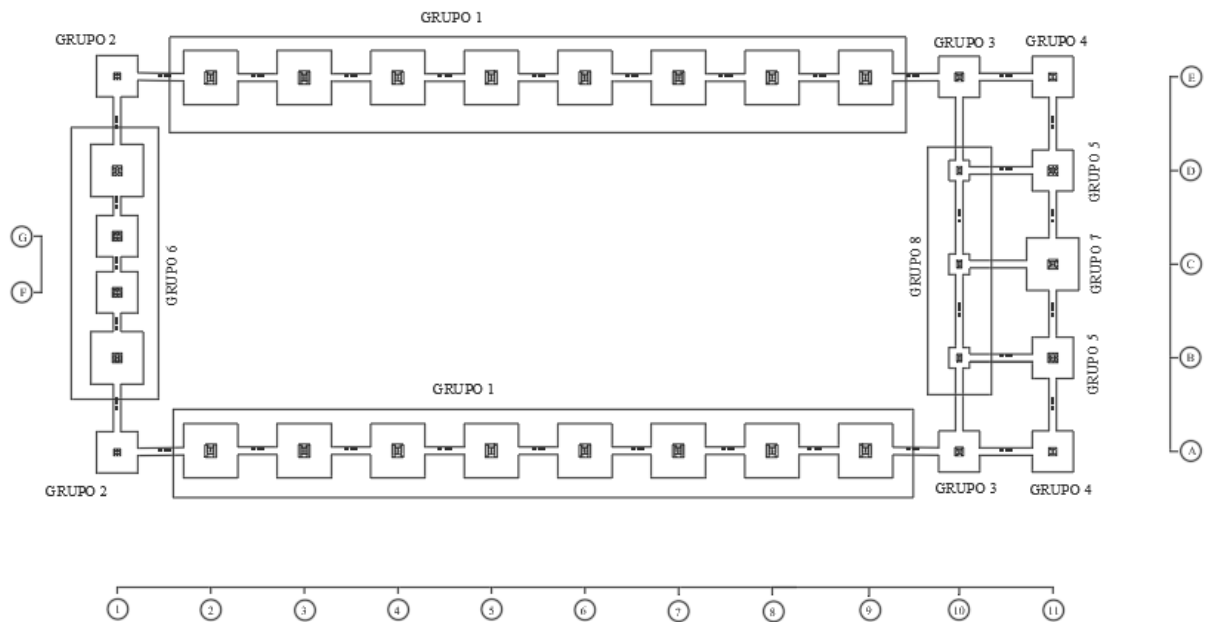


Figura: Plano de cimentación

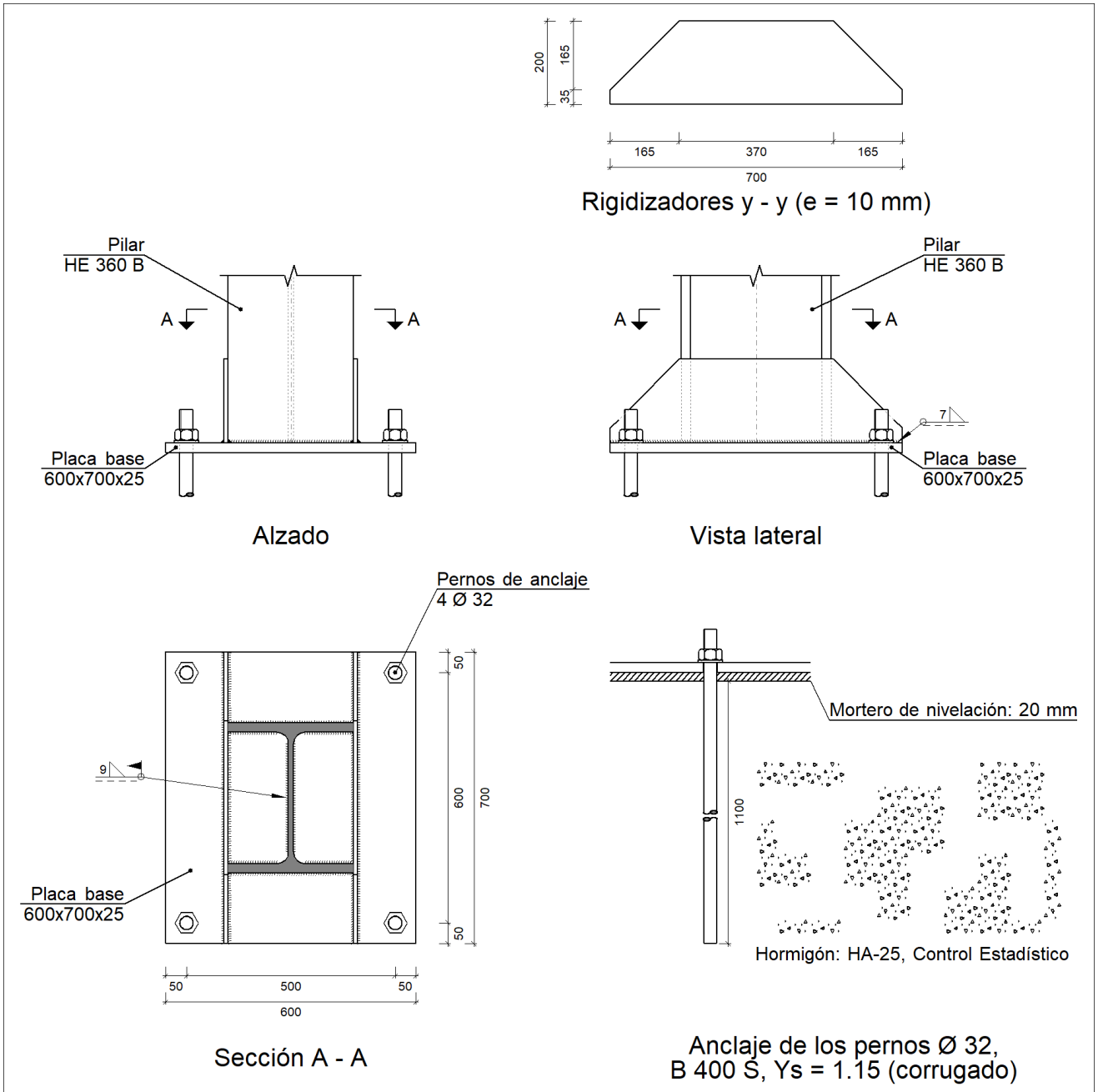
PLACA DE ANCLAJE		
GRUPO	PERNOS	DIMENSIONES
GRUPO 1 A2, A3, A4, A5, A6, A9, E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9	4 Ø 32	600 x 700 x 25
GRUPO 2 A1, E1	8 Ø 16	350 x 350 x 25
GRUPO 3 A10, E10	4 Ø 20	450 x 450 x 18
GRUPO 4 A11, E11	4 Ø 16	400 x 400 x 15
GRUPO 5 B11, D11	8 Ø 20	500 x 500 x 18
GRUPO 6 B1, D1, F1, G1	8 Ø 20	500 x 500 x 30
GRUPO 7 C11	4 Ø 25	500 x 500 x 18
GRUPO 8 B10, C10, D10	4 Ø 14	250 x 400 x 15

Tabla de palca de anclaje

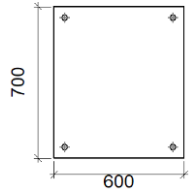
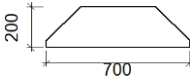
3.7.2 COMPROBACIONES

3.7.2.1 Grupo 1

a) Detalle



b) Descripción de los 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		600	700	25	4	32	S275	275.0	410.0
Rigidizador		700	200	10	-	-	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 360 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	9	1589	12.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	σ_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)			
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.						410.0	0.85	

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 96 mm Calculado: 501 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 91 mm	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 50 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 45.5	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 37 cm Calculado: 110 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 300.88 kN Calculado: 252.36 kN Máximo: 210.62 kN Calculado: 31.75 kN Máximo: 300.88 kN Calculado: 297.71 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 204.55 kN Calculado: 230.71 kN	No cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 295.223 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Limite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 419.05 kN Calculado: 29.05 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 171.579 MPa Calculado: 171.546 MPa Calculado: 218.731 MPa Calculado: 217.899 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Mínimo: 250 Calculado: 1624.93 Calculado: 2372.25 Calculado: 4322.83 Calculado: 4289.58	Cumple Cumple Cumple Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Hay comprobaciones que no se cumplen		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas

Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Rigidizador y-y (x = -155): Soldadura a la placa base	En ángulo	7	700	10.0	90.00				
Rigidizador y-y (x = 155): Soldadura a la placa base	En ángulo	7	700	10.0	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f _u (N/mm ²)	σ _w
	σ _{II} (N/mm ²)	σ _{III} (N/mm ²)	σ _{III} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _{II} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Rigidizador y-y (x = -155): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 155): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85

d) Medición

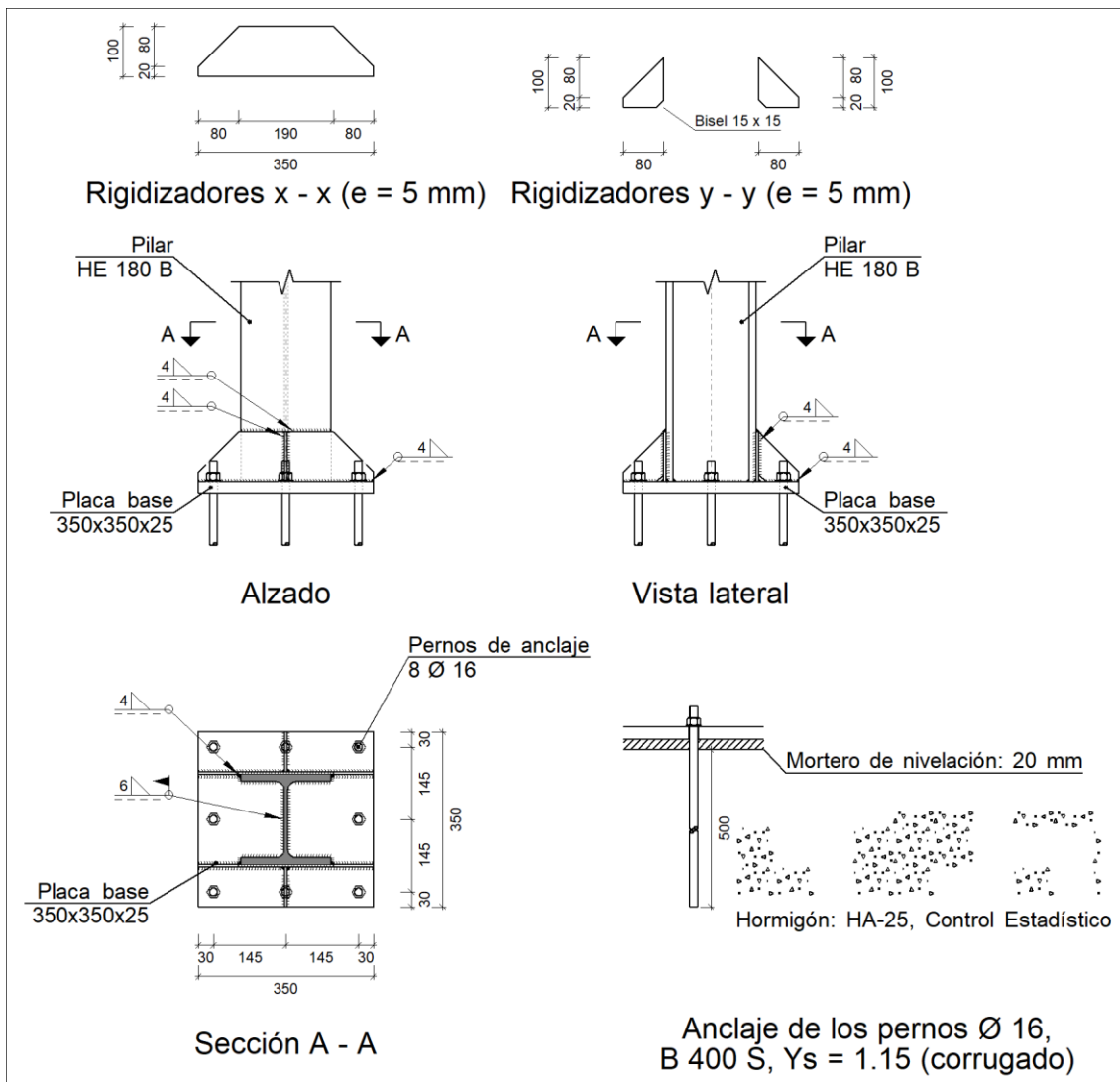
Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	7	2710
	En el lugar de montaje	En ángulo	9	1589

Elementos de tornillería no normalizados		
Tipo	Cantidad	Descripción
Tuercas	4	T32
Arandelas	4	A32

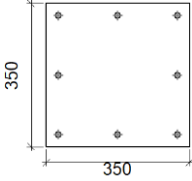
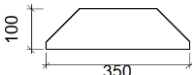
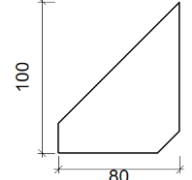
Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	600x700x25	82.43
	Rigidizadores pasantes	2	700/370x200/35x10	17.71
	Total			100.13
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 32 - L = 1177	29.72
	Total			29.72

3.7.2.2 Grupo 2

a) Detalle



b) Descripción de los 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		350	350	25	8	16	S275	275.0	410.0
Rigidizador		350	100	5	-	-	S275	275.0	410.0
Rigidizador		80	100	5	-	-	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 180 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas								
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)			
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	6	887	8.5	90.00			
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>								
Comprobación de resistencia								
Ref.	Tensión de Von Mises				Tensión normal		f_u (N/mm ²)	σ_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.						410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 146 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 0 mm	No cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores:	Máximo: 50	
- Paralelos a X:	Calculado: 45.5	Cumple
- Paralelos a Y:	Calculado: 45.5	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 18 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 68.38 kN Calculado: 61.17 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 47.87 kN Calculado: 3.94 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 68.38 kN Calculado: 66.8 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 51.14 kN Calculado: 57.52 kN	No cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 287.926 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 209.52 kN Calculado: 3.69 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 143.084 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 119.645 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 179.971 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 170.064 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 7531.9	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 9040.39	Cumple
- Arriba:	Calculado: 4123.38	Cumple
- Abajo:	Calculado: 4515.03	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 199.585 MPa	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Hay comprobaciones que no se cumplen		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas					
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)
Rigidizador x-x (y = -93): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	350	5.0	90.00
Rigidizador x-x (y = -93): Soldadura a la pieza	En ángulo	4	100	5.0	90.00
Rigidizador x-x (y = -93): Soldadura del borde superior a la pieza	En ángulo	4	180	5.0	90.00
Rigidizador x-x (y = 93): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	350	5.0	90.00
Rigidizador x-x (y = 93): Soldadura a la pieza	En ángulo	4	100	5.0	90.00
Rigidizador x-x (y = 93): Soldadura del borde superior a la pieza	En ángulo	4	180	5.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	80	5.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	4	85	5.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	80	5.0	90.00
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	4	85	5.0	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/mm ²)	σ _w
	σ _{xx} (N/mm ²)	σ _{yy} (N/mm ²)	σ _{zz} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _{xx} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Rigidizador x-x (y = -93): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = -93): Soldadura a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = -93): Soldadura del borde superior a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 93): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 93): Soldadura a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 93): Soldadura del borde superior a la pieza	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 0): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85

d) Medición

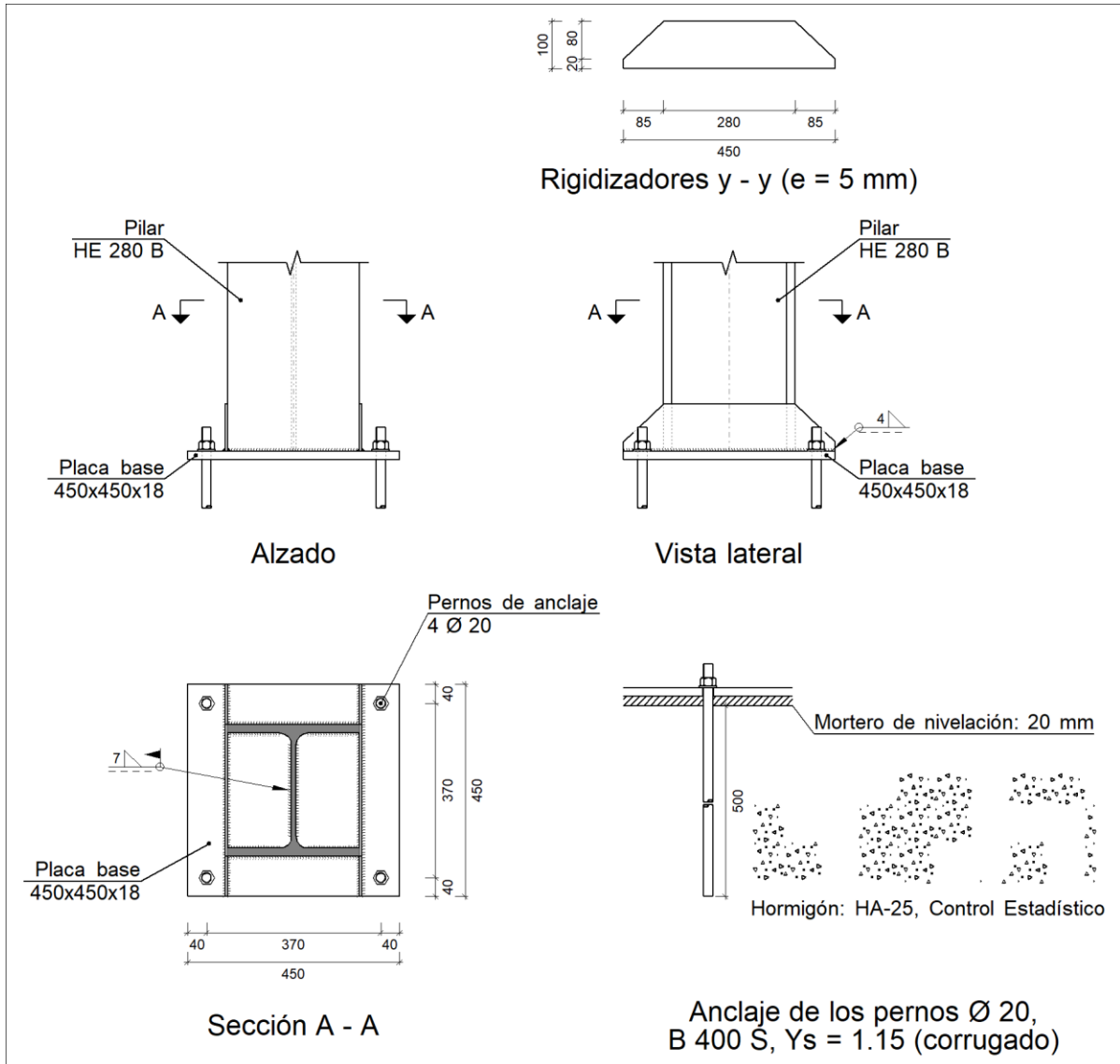
Soldaduras				
f _u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	2230
	En el lugar de montaje	En ángulo	6	887

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	8	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-16

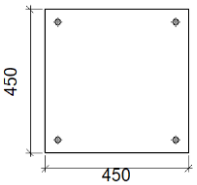
Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	350x350x25	24.04
	Rigidizadores pasantes	2	350/190x100/20x5	2.25
	Rigidizadores no pasantes	2	80/0x100/20x5	0.38
				Total
B 400 S, Y _s = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	8	Ø 16 - L = 561	7.08
				Total


3.7.2.3 Grupo 3

a) Detalle



b) Descripción de los 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		450	450	18	4	20	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		450	100	5	-	-	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 280 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	7	1395	10.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	σ_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)			
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 60 mm Calculado: 370 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 45.5	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 23 cm Calculado: 50 cm	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 85.48 kN Calculado: 68.25 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 59.83 kN Calculado: 10.54 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 85.48 kN Calculado: 83.32 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 79.89 kN Calculado: 66.14 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 214.78 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 188.57 kN Calculado: 9.82 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 115.149 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 106.448 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 200.227 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 201.384 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 1598.38	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1656.85	Cumple
- Arriba:	Calculado: 5907.31	Cumple
- Abajo:	Calculado: 5875.71	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Rigidizador y-y (x = -143): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	450	5.0	90.00	
Rigidizador y-y (x = 143): Soldadura a la placa base	En ángulo	4	450	5.0	90.00	
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>						
Comprobación de resistencia						
Ref.	Tensión de Von Mises		Tensión normal	f_u	σ_w	

	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)	(N/mm ²)	
Rigidizador y-y (x = -143): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 143): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85

d) Medición

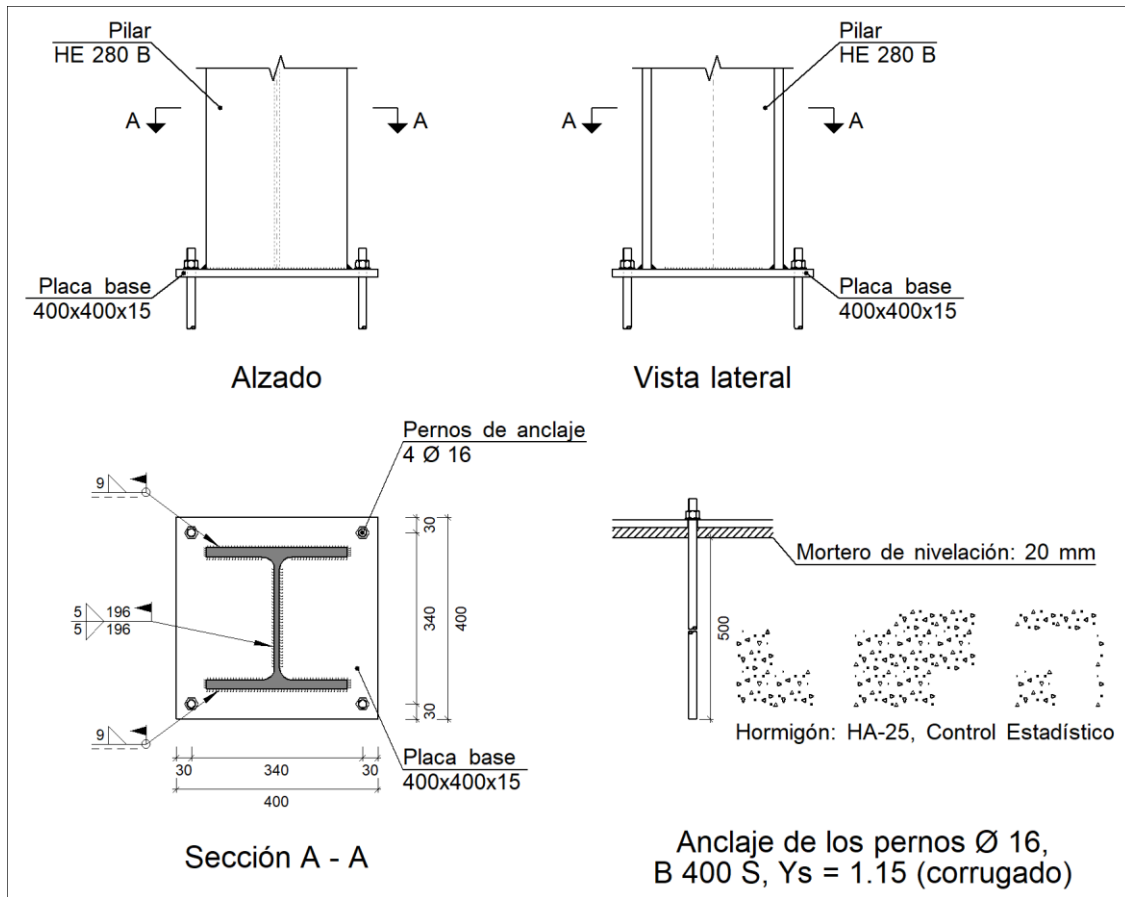
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	4	1728
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	1395

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	4	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-20

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	450x450x18	28.61
	Rigidizadores pasantes	2	450/280x100/20x5	3.00
	Total			31.61
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	4	$\varnothing 20 - L = 558$	5.50
	Total			5.50

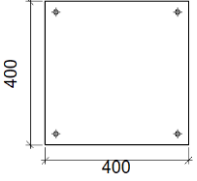
3.7.2.4 Grupo 4

a) Detalle



b) Descripción de los 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)

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		400	400	15	4	16	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 280 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	9	280	15.0	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	5	196	10.5	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	9	280	15.0	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/mm ²)	σ_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	$\sigma_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	49.2	49.2	1.7	98.5	25.52	49.2	15.00	410.0	0.85
Soldadura del alma	23.8	23.8	9.7	50.5	13.07	23.8	7.26	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	50.9	50.9	0.9	101.9	26.40	50.9	15.52	410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 340 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 43 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 18 cm Calculado: 50 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 68.38 kN Calculado: 54.49 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 47.87 kN Calculado: 8.02 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 68.38 kN Calculado: 65.94 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 51.14 kN Calculado: 51.71 kN	No cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 261.029 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 125.71 kN Calculado: 7.41 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 119.832 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 115.802 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 245.793 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 198.413 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 1738.29	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 2597.59	Cumple
- Arriba:	Calculado: 776.848	Cumple
- Abajo:	Calculado: 941.72	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Hay comprobaciones que no se cumplen		

d) Medición

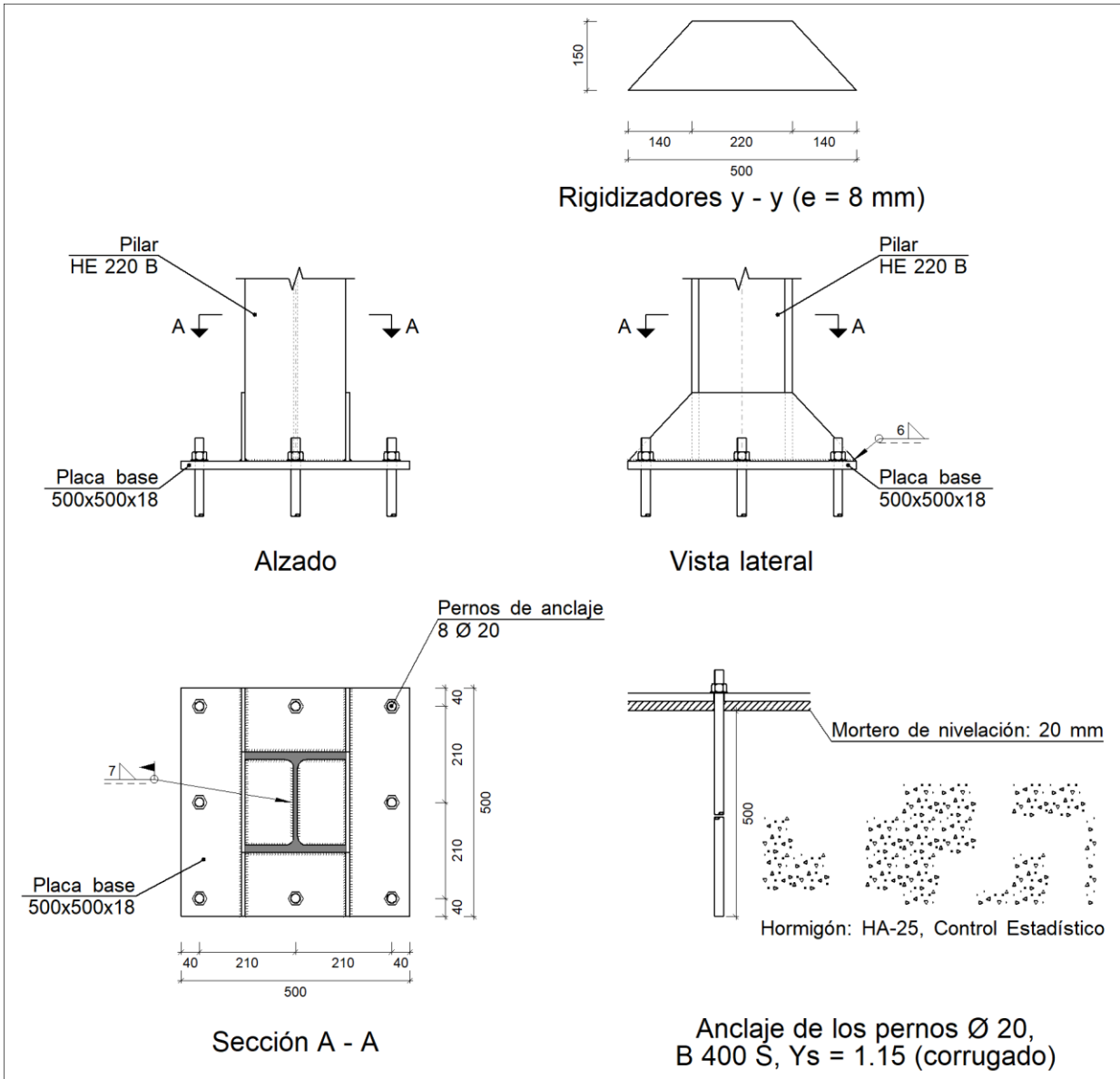
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En el lugar de montaje	En ángulo	5	392
			9	1075

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	4	ISO 4032-M16
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-16

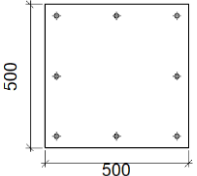
Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	400x400x15	18.84
	Total			18.84
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 16 - L = 551	3.48
	Total			3.48

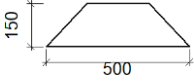
3.7.2.5 Grupo 5

a) Detalle



b) Descripción de los 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	18	8	20	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		500	150	8	-	-	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	7	1093	9.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	σ_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)			
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 60 mm Calculado: 210 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 92 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 44.4	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 23 cm Calculado: 50 cm	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 85.48 kN Calculado: 72.07 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 59.83 kN Calculado: 5.37 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 85.48 kN Calculado: 79.73 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 79.89 kN Calculado: 69.14 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 222.333 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 188.57 kN Calculado: 5.03 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 179.306 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 171.605 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 216.604 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 178.405 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 479.209	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 456.97	Cumple
- Arriba:	Calculado: 4388.37	Cumple
- Abajo:	Calculado: 4916.95	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 211.587 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Rigidizador y-y (x = -114): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	500	8.0	90.00	
Rigidizador y-y (x = 114): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	500	8.0	90.00	
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>						
Comprobación de resistencia						
Ref.	Tensión de Von Mises		Tensión normal	f_u	σ_w	

	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)	(N/mm ²)	
Rigidizador y-y (x = -114): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 114): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85

d) Medición

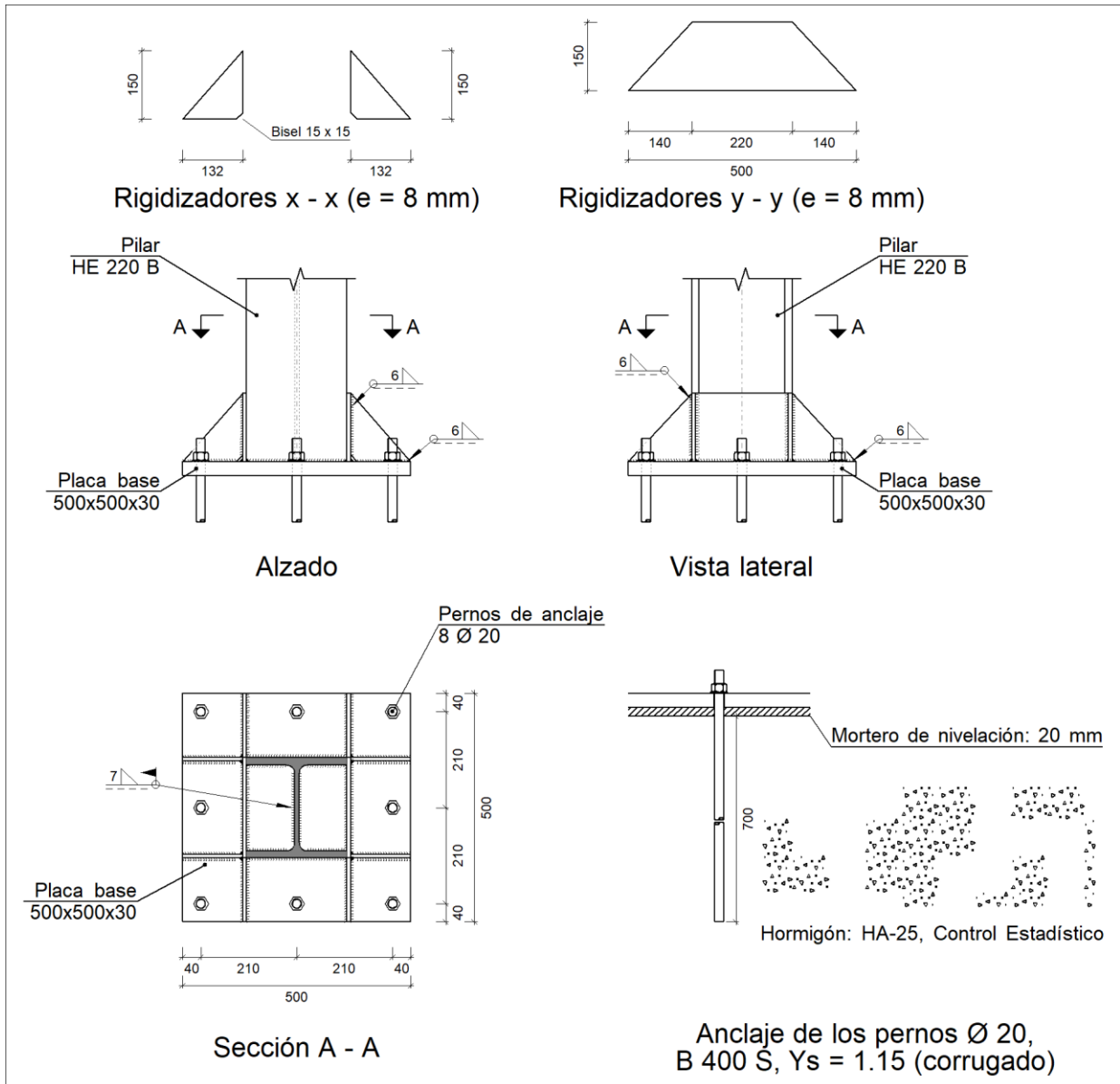
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	6	1936
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	1093

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	8	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-20

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	500x500x18	35.32
	Rigidizadores pasantes	2	500/220x150/0x8	6.78
	Total			42.11
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	8	Ø 20 - L = 558	11.01
	Total			11.01

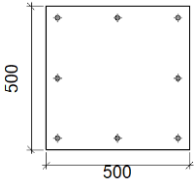
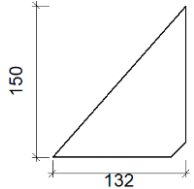
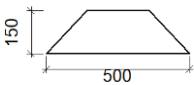
3.7.2.6 Grupo 6

a) Detalle



b) Descripción de los 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)

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	30	8	20	S275	275.0	410.0
Rigidizador		132	150	8	-	-	S275	275.0	410.0
Rigidizador		500	150	8	-	-	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	7	1093	9.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	ξ_w
	ξ_{\perp} (N/mm ²)	ξ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	ξ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)			
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.						410.0	0.85	

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 60 mm Calculado: 210 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 92 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 30 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores:	Máximo: 50	
- Paralelos a X:	Calculado: 44.4	Cumple
- Paralelos a Y:	Calculado: 44.4	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 23 cm Calculado: 70 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 119.67 kN Calculado: 106.35 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 83.77 kN Calculado: 5.87 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 119.67 kN Calculado: 114.74 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 79.89 kN Calculado: 99.98 kN	No cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 320.122 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 314.29 kN Calculado: 5.51 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 106.412 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 96.9677 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 213.912 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 212.69 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 9074.86	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 8970.42	Cumple
- Arriba:	Calculado: 4287.6	Cumple
- Abajo:	Calculado: 4089.06	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 240.461 MPa	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Hay comprobaciones que no se cumplen		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Rigidizador x-x (y = -106): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	132	8.0	90.00	
Rigidizador x-x (y = -106): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	6	135	8.0	90.00	
Rigidizador x-x (y = -106): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	132	8.0	90.00	
Rigidizador x-x (y = -106): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	6	135	8.0	90.00	
Rigidizador x-x (y = 106): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	132	8.0	90.00	
Rigidizador x-x (y = 106): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	6	135	8.0	90.00	
Rigidizador x-x (y = 106): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	132	8.0	90.00	
Rigidizador x-x (y = 106): Soldadura al rigidizador en el extremo	En ángulo	6	135	8.0	90.00	
Rigidizador y-y (x = -114): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	500	8.0	90.00	
Rigidizador y-y (x = 114): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	500	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/mm ²)	σ _w
	σ _⊥ (N/mm ²)	σ _∥ (N/mm ²)	σ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ _⊥ (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Rigidizador x-x (y = -106): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = -106): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = -106): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = -106): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 106): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 106): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 106): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador x-x (y = 106): Soldadura al rigidizador en el extremo	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = -114): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 114): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85

d) Medición

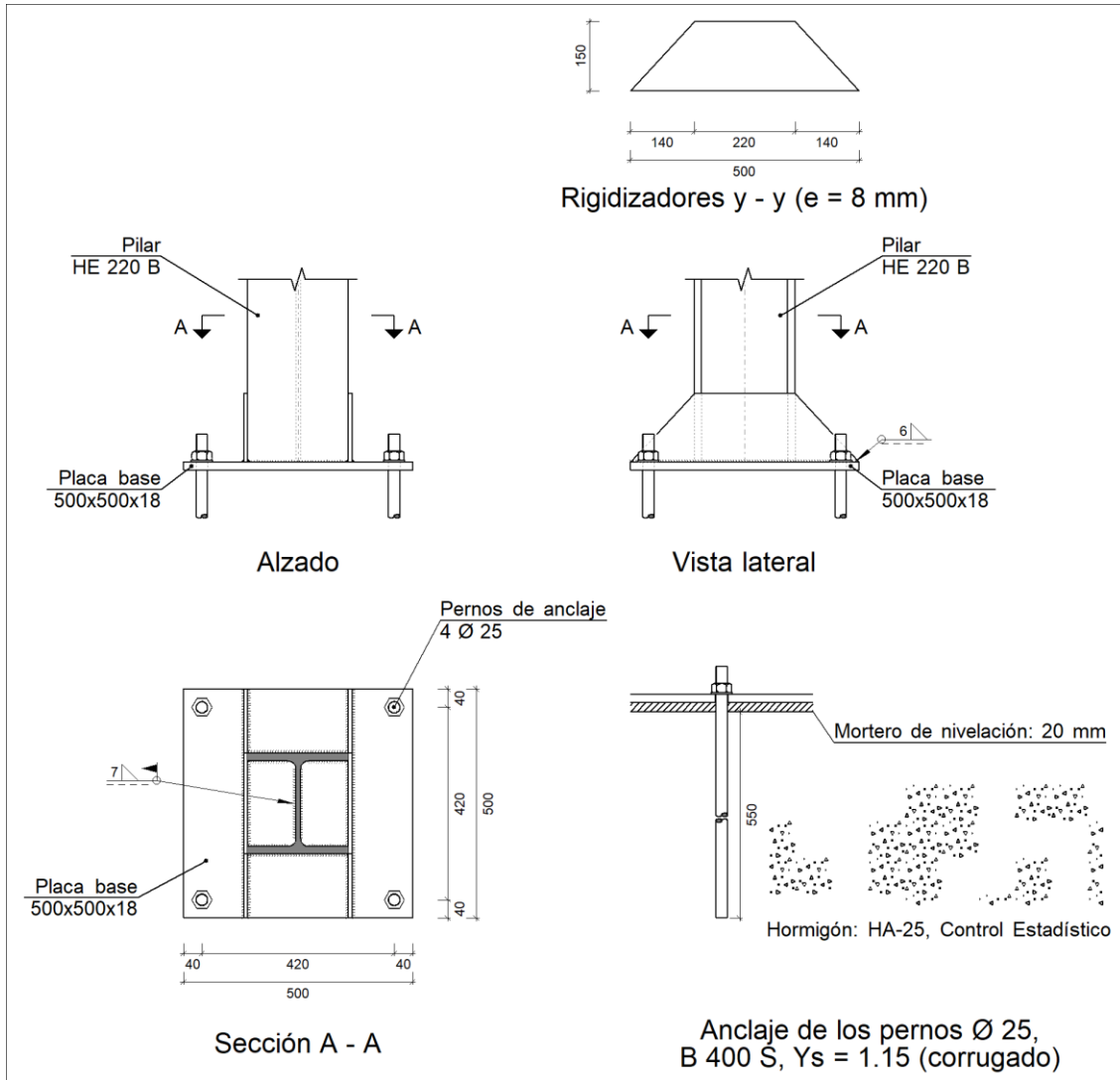
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	6	3412
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	1093

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	8	ISO 4032-M20
Arandelas	Dureza 200 HV	8	ISO 7089-20

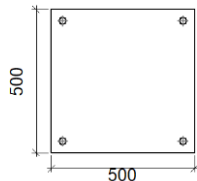
Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	500x500x30	58.88
	Rigidizadores pasantes	2	500/220x150/0x8	6.78
	Rigidizadores no pasantes	4	132/0x150/0x8	2.49
	Total			68.14
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	8	$\varnothing 20 - L = 770$	15.19
	Total			15.19

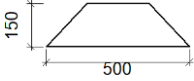
3.7.2.7 Grupo 7

a) Detalle



b) Descripción de los 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	18	4	25	S275	275.0	410.0

Elementos complementarios									
Pieza	Geometría				Taladros		Acero		
	Esquema	Ancho (mm)	Canto (mm)	Espesor (mm)	Cantidad	Diámetro (mm)	Tipo	f_y (MPa)	f_u (MPa)
Rigidizador		500	150	8	-	-	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar HE 220 B

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas									
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)				
Soldadura perimetral a la placa	En ángulo	7	1093	9.5	90.00				
<i>a: Espesor garganta</i> <i>l: Longitud efectiva</i> <i>t: Espesor de piezas</i>									
Comprobación de resistencia									
Ref.	Tensión de Von Mises					Tensión normal		f_u (N/mm ²)	σ_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)			
Soldadura perimetral a la placa	La comprobación no procede.							410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 75 mm Calculado: 420 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 37 mm Calculado: 92 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 37 mm Calculado: 40 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 44.4	Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 29 cm Calculado: 55 cm	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 117.53 kN Calculado: 94.07 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 82.27 kN Calculado: 10.76 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 117.53 kN Calculado: 109.44 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 124.92 kN Calculado: 90.76 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 188.957 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 235.71 kN Calculado: 10.09 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 186.255 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 196.94 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 178.697 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 157.153 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 566.907	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 797.268	Cumple
- Arriba:	Calculado: 5212.9	Cumple
- Abajo:	Calculado: 5543.21	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Rigidizador y-y (x = -114): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	500	8.0	90.00	
Rigidizador y-y (x = 114): Soldadura a la placa base	En ángulo	6	500	8.0	90.00	
<i>a: Espesor garganta l: Longitud efectiva t: Espesor de piezas</i>						
Comprobación de resistencia						
Ref.	Tensión de Von Mises	Tensión normal	f _u	σ _w		

	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)	(N/mm ²)	
Rigidizador y-y (x = -114): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85
Rigidizador y-y (x = 114): Soldadura a la placa base	La comprobación no procede.							410.0	0.85

d) Medición

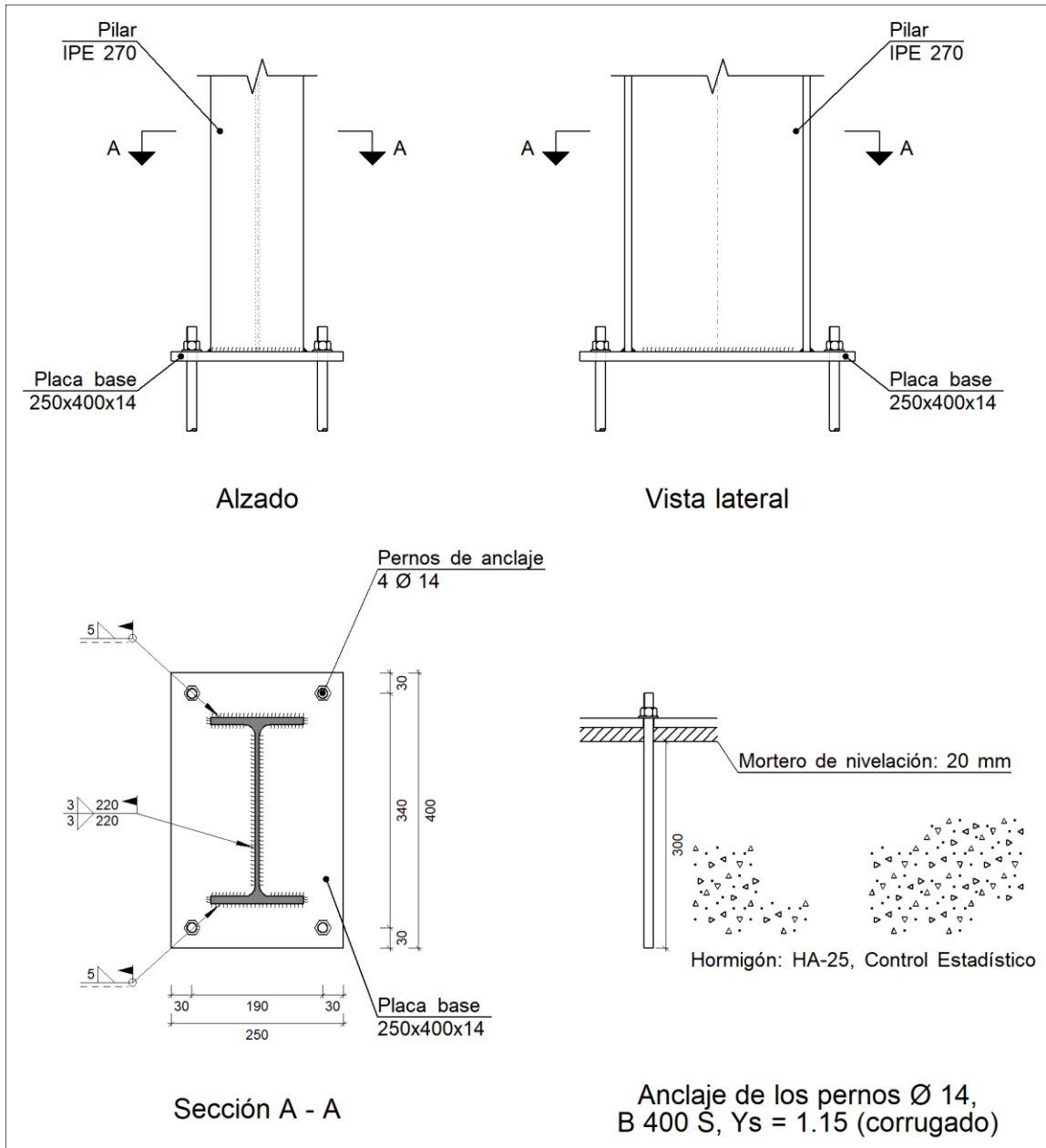
Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En taller	En ángulo	6	1936
	En el lugar de montaje	En ángulo	7	1093

Elementos de tornillería no normalizados		
Tipo	Cantidad	Descripción
Tuercas	4	T25
Arandelas	4	A25

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	500x500x18	35.32
	Rigidizadores pasantes	2	500/220x150/0x8	6.78
	Total			42.11
B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado)	Pernos de anclaje	4	$\varnothing 25 - L = 613$	9.45
	Total			9.45

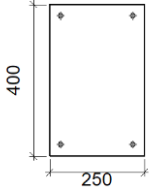
3.7.2.8 Grupo 8

a) Detalle



b) Descripción de los 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)

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		250	400	14	4	14	S275	275.0	410.0

c) Comprobación

1) Pilar IPE 270

Cordones de soldadura

Comprobaciones geométricas						
Ref.	Tipo	a (mm)	l (mm)	t (mm)	Ángulo (grados)	
Soldadura del ala superior	En ángulo	5	135	10.2	90.00	
Soldadura del alma	En ángulo	3	220	6.6	90.00	
Soldadura del ala inferior	En ángulo	5	135	10.2	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/mm ²)	σ_w
	σ_{\perp} (N/mm ²)	σ_{\parallel} (N/mm ²)	$\sigma_{ }$ (N/mm ²)	Valor (N/mm ²)	Aprov. (%)	σ_{\perp} (N/mm ²)	Aprov. (%)		
Soldadura del ala superior	73.2	73.2	1.4	146.3	37.92	73.2	22.30	410.0	0.85
Soldadura del alma	54.3	54.3	5.9	109.0	28.25	54.3	16.54	410.0	0.85
Soldadura del ala inferior	70.1	70.1	1.3	140.3	36.35	70.1	21.38	410.0	0.85

2) Placa de anclaje

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 42 mm Calculado: 190 mm	Cumple
Separación mínima pernos-perfil: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 21 mm Calculado: 45 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 21 mm Calculado: 30 mm	Cumple

Referencia:		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón:		
- Tracción:	Máximo: 35.9 kN Calculado: 13 kN	Cumple
- Cortante:	Máximo: 25.13 kN Calculado: 2.32 kN	Cumple
- Tracción + Cortante:	Máximo: 35.9 kN Calculado: 16.3 kN	Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 39.18 kN Calculado: 14.17 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 95.7371 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 102.67 kN Calculado: 2.16 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales:	Máximo: 261.905 MPa	
- Derecha:	Calculado: 76.0981 MPa	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 77.6233 MPa	Cumple
- Arriba:	Calculado: 252.22 MPa	Cumple
- Abajo:	Calculado: 238.097 MPa	Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i>	Mínimo: 250	
- Derecha:	Calculado: 1611.56	Cumple
- Izquierda:	Calculado: 1486.69	Cumple
- Arriba:	Calculado: 516.137	Cumple
- Abajo:	Calculado: 572.63	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 0 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

d) Medición

Soldaduras				
f_u (MPa)	Ejecución	Tipo	Espesor de garganta (mm)	Longitud de cordones (mm)
410.0	En el lugar de montaje	En ángulo	3	439
			5	508

Elementos de tornillería			
Tipo	Material	Cantidad	Descripción
Tuercas	Clase 5	4	ISO 4032-M14
Arandelas	Dureza 200 HV	4	ISO 7089-14

Placas de anclaje				
Material	Elementos	Cantidad	Dimensiones (mm)	Peso (kg)
S275	Placa base	1	250x400x14	10.99
				Total
B 400 S, Ys = 1.15 (corrugado)	Pernos de anclaje	4	Ø 14 - L = 348	1.68
				Total

3.8 ZAPATAS

Se emplean 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 son en su totalidad zapatas aisladas y cuadradas con diferentes medidas. Cuentan 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.

Se emplea un hormigón HA-25, con tamaño máximo de árido de 20 mm y una clase general de exposición IIa. En todas las zapatas se vierte una capa de 10 cm de hormigón de limpieza (HL-100). El acero empleado en las armaduras, encepados y vigas de atado será el B400S.

Tanto las zapatas como las vigas de atado cuentan con armado superior e inferior.

Los materiales utilizados son:

- Acero B400 S
- Hormigón: HA 25

A continuación, se muestran los tipos de zapatas utilizados para esta obra.

3.8.1 AGRUPACIÓN

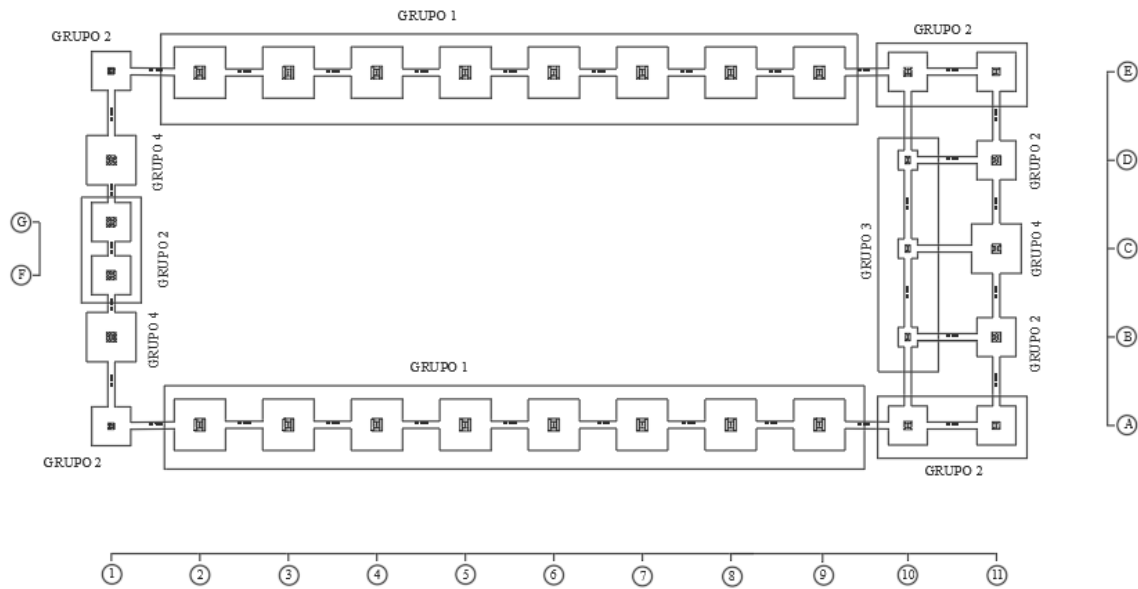


Fig. Agrupación de cimentación

ZAPATAS		
GRUPO	DIMENSIONES	ARMADO
GRUPO 1 A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9, E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9	290 x 290 x 125	Sup X : 18Ø16e/16 Sup Y : 18Ø16e/16 Inf X : 18Ø16e/16 Inf Y : 18Ø16e/16
GRUPO 2 A1, A10, A11, B11, D11, E1, E11, E11, F1, G1	220 x 220 x 80	Sup X : 9Ø16e/25 Sup Y : 9Ø16e/25 Inf X : 9Ø16e/25 Inf Y : 9Ø16e/25
GRUPO 3 B10, C10, D10	110 x 110 x 40	X : 4Ø16e/25 Y : 9Ø16e/25
GRUPO 4 B1, C11, D1	280 x 280 x 80	Sup X : 11Ø16e/25 Sup Y : 11Ø16e/25 Inf X : 11Ø16e/25 Inf Y : 11Ø16e/25

Fig. Tabla de zapatas

3.8.2 COMPROBACIONES

3.8.2.1 Grupo 1

Referencia: N6		
Dimensiones: 290 x 290 x 120		
Armados: Xi:Ø20c/26 Yi:Ø20c/26 Xs:Ø20c/26 Ys:Ø20c/26		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.120271 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.150584 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.240934 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 1366.1 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 47.0 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 64.30 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 276.62 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 8.14 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 31.49 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 97.2 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 120 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N6:	Mínimo: 110 cm Calculado: 111 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple

Referencia: N6		
Dimensiones: 290 x 290 x 120		
Armados: Xi:Ø20c/26 Yi:Ø20c/26 Xs:Ø20c/26 Ys:Ø20c/26		
Comprobación	Valores	Estado
<p>Cuantía mínima necesaria por flexión:</p> <p><i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p>	<p>Calculado: 0.0011</p> <p>Mínimo: 0.0001</p> <p>Mínimo: 0.0004</p> <p>Mínimo: 0.0001</p> <p>Mínimo: 0.0002</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Diámetro mínimo de las barras:</p> <p><i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i></p> <p>- Parrilla inferior:</p> <p>- Parrilla superior:</p>	<p>Mínimo: 12 mm</p> <p>Calculado: 20 mm</p> <p>Calculado: 20 mm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Separación máxima entre barras:</p> <p><i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p>	<p>Máximo: 30 cm</p> <p>Calculado: 26 cm</p> <p>Calculado: 26 cm</p> <p>Calculado: 26 cm</p> <p>Calculado: 26 cm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Separación mínima entre barras:</p> <p><i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i></p> <p>- Armado inferior dirección X:</p> <p>- Armado inferior dirección Y:</p> <p>- Armado superior dirección X:</p> <p>- Armado superior dirección Y:</p>	<p>Mínimo: 10 cm</p> <p>Calculado: 26 cm</p> <p>Calculado: 26 cm</p> <p>Calculado: 26 cm</p> <p>Calculado: 26 cm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>
<p>Longitud de anclaje:</p> <p><i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i></p> <p>- Armado inf. dirección X hacia der:</p> <p>- Armado inf. dirección X hacia izq:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia arriba:</p> <p>- Armado inf. dirección Y hacia abajo:</p> <p>- Armado sup. dirección X hacia der:</p> <p>- Armado sup. dirección X hacia izq:</p>	<p>Mínimo: 20 cm</p> <p>Calculado: 20 cm</p> <p>Mínimo: 20 cm</p> <p>Calculado: 20 cm</p> <p>Mínimo: 20 cm</p> <p>Calculado: 20 cm</p> <p>Mínimo: 20 cm</p> <p>Calculado: 20 cm</p> <p>Mínimo: 40 cm</p> <p>Calculado: 40 cm</p> <p>Mínimo: 40 cm</p> <p>Calculado: 40 cm</p>	<p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p> <p>Cumple</p>

Referencia: N6		
Dimensiones: 290 x 290 x 120		
Armados: Xi:Ø20c/26 Yi:Ø20c/26 Xs:Ø20c/26 Ys:Ø20c/26		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 22 cm Calculado: 22 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 20 cm	
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 22 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 22 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

3.8.2.2 Grupo 2

Referencia: N1		
Dimensiones: 205 x 205 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/18 Yi:Ø12c/18 Xs:Ø12c/18 Ys:Ø12c/18		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.023544 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.022563 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0633726 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 26.8 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 34.8 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 29.10 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 30.66 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 34.73 kN	Cumple

Referencia: N1		
Dimensiones: 205 x 205 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/18 Yi:Ø12c/18 Xs:Ø12c/18 Ys:Ø12c/18		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección Y:	Cortante: 33.55 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 49.6 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 60 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N1:	Mínimo: 49 cm Calculado: 53 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.0021	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.0021	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i>	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0002	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 18 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 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: N1		
Dimensiones: 205 x 205 x 60		
Armados: Xi:Ø12c/18 Yi:Ø12c/18 Xs:Ø12c/18 Ys:Ø12c/18		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>	Mínimo: 15 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 35 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 35 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 35 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 35 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 35 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 35 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 35 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 35 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

3.8.2.3 Grupo 3

Referencia: N86		
Dimensiones: 100 x 100 x 40		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.130179 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.134691 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.21533 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 1445.3 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 151.5 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 15.81 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 13.39 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 13.64 kN	Cumple

Referencia: N86		
Dimensiones: 100 x 100 x 40		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección Y:	Cortante: 0.00 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes:	Máximo: 5000 kN/m ²	
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Calculado: 506.3 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo:	Mínimo: 25 cm	
<i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Calculado: 40 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N86:	Mínimo: 30 cm	
	Calculado: 32 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:		
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión:		
<i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 0.0006	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0021	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0021	Cumple
Diámetro mínimo de las barras:		
- Parrilla inferior:	Mínimo: 12 mm	
<i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Calculado: 16 mm	Cumple
Separación máxima entre barras:		
<i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Separación mínima entre barras:		
<i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 25 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 25 cm	Cumple
Longitud de anclaje:		
<i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 18 cm	
	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 18 cm	
	Calculado: 19 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 16 cm	
	Calculado: 16 cm	Cumple

Referencia: N86		
Dimensiones: 100 x 100 x 40		
Armados: Xi:Ø16c/25 Yi:Ø16c/25		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 16 cm Calculado: 16 cm	Cumple
Longitud mínima de las patillas:	Mínimo: 16 cm	
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 16 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 16 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

3.8.2.4 Grupo 4

Referencia: N72		
Dimensiones: 200 x 200 x 65		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
- Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.1962 MPa Calculado: 0.0523854 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.0560151 MPa	Cumple
- Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.24525 MPa Calculado: 0.108891 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 19.0 %	Cumple
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 1342.9 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 79.39 kN-m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 37.02 kN-m	Cumple
Cortante en la zapata:		

Referencia: N72		
Dimensiones: 200 x 200 x 65		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección X:	Cortante: 84.66 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 25.80 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Máximo: 5000 kN/m ² Calculado: 206.6 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo: <i>Artículo 59.8.1 de la norma EHE-98</i>	Mínimo: 25 cm Calculado: 65 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:		
- N72:	Mínimo: 54 cm Calculado: 58 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Mínimo: 0.002	
- En dirección X:	Calculado: 0.002	Cumple
- En dirección Y:	Calculado: 0.002	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión: <i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-98</i>	Calculado: 0.0011	
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0006	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0003	Cumple
- Armado superior dirección X:	Mínimo: 0.0002	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: <i>Recomendación del Artículo 59.8.2 (norma EHE-98)</i>	Mínimo: 12 mm	
- Parrilla inferior:	Calculado: 12 mm	Cumple
- Parrilla superior:	Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 59.8.2 de la norma EHE-98</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección X:	Calculado: 17 cm	Cumple
- Armado superior dirección Y:	Calculado: 17 cm	Cumple

Referencia: N72		
Dimensiones: 200 x 200 x 65		
Armados: Xi:Ø12c/17 Yi:Ø12c/17 Xs:Ø12c/17 Ys:Ø12c/17		
Comprobación	Valores	Estado
Longitud de anclaje:	Mínimo: 15 cm	
<i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia der:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado sup. dirección X hacia izq:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia arriba:	Calculado: 24 cm	Cumple
- Armado sup. dirección Y hacia abajo:	Calculado: 24 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

3.9 SOLERA

La solera es el cerramiento horizontal interior, compuesto por una capa resistente de hormigón en masa cuya superficie suele recibir un revestimiento de acabado.

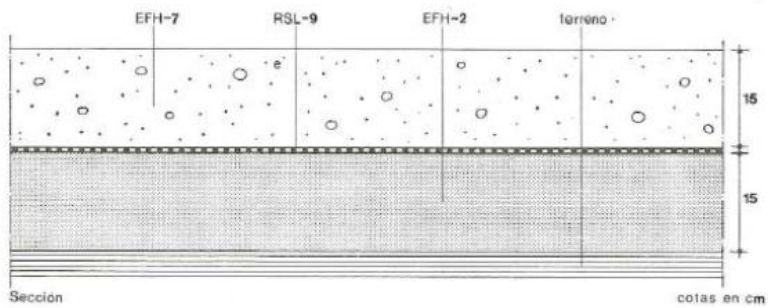
Como norma general den cumplir con las siguientes exigencias técnicas:

- Aislamiento térmico
- Aislamiento a ruido aéreo
- Aislamiento a ruido de impacto
- Retraso al fuego
- Impermeabilización
- Resistencia

Para el diseño de la solera se siguen los criterios establecidos en el NTE-RSS. Se clasifica como solera semipesada, diseñada para sobrecargas máximas de 5 t/m² por previsión de circulación de vehículos, Se disponen de juntas de retracción formando una cuadrícula de lado no mayor de 6 m y juntas de contorno para aislar la solera de otros elementos estructurales como pilares o bloques de cimentación.

Las especificaciones de las soleras semipesadas son las siguientes:

RSS-5 Solera semipesada



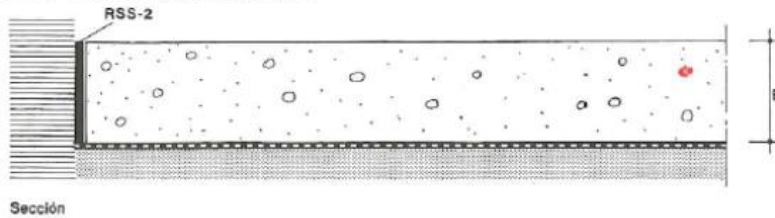
EFH- 2 Arena de río, con tamaño máximo de grano 0,5 cm formando una capa de 15 cm de espesor, extendida sobre terreno compactado mecánicamente hasta conseguir un valor del 85 % del Próctor Normal. Se terminará enrasándola previo compactado en dos capas.

RSL- 9 Lámina aislante de polietileno.

EFH- 7 Hormigón de resistencia característica 175 kg/cm² formando una capa de 15 cm de espesor, extendido sobre la lámina aislante. La superficie se terminará mediante reglado. El curado se realizará mediante riego que no produzca deslavado.

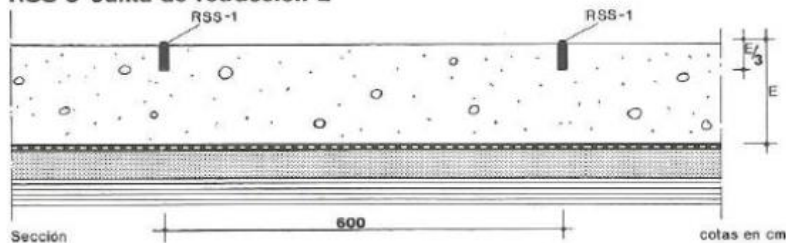
La solera está formada por una capa de 15 cm de arena de río y otra capa de hormigón de resistencia 175 kg/cm² separadas por una lámina aislante de polietileno.

RSS-9 Junta de contorno-E



RSS- 2 Separador. Se colocará, alrededor de cualquier elemento que interrumpa la solera como pilares y muros, antes de verter el hormigón. El separador tendrá una altura igual al espesor E de la capa de hormigón.

RSS-8 Junta de retracción-E



RSS- 1 Sellante de juntas, introducido en un cajado previsto o realizado posteriormente a máquina, en la capa de hormigón. La junta tendrá un espesor comprendido entre 0,5 y 1 cm, y una profundidad de 1/3 del espesor E de la capa de hormigón.

3.10 RED DE SANEAMIENTO

El objetivo de la instalación de saneamiento es garantizar la evacuación de aguas residuales y pluviales hasta el alcantarillado público.

Para ello se disponen de los medios adecuados para recoger las aguas procedentes de las precipitaciones y las aguas residuales y dirigirlas de forma conjunta o separada hasta la red pública de saneamiento.

Se estudiarán dos redes de forma independientes, 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.

3.10.1 RED DE EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES

INTENSIDAD PLUVIOMETRICA

En primer lugar, hay que establecer la intensidad pluviométrica de la zona donde se sitúa la construcción. se obtendrá en la tabla B.1 en función de la isoyeta y de la zona pluviométrica correspondientes a la localidad determinadas mediante el mapa de la figura B.1.

Segun el mapa, la nave corresponde a la zona B e isoyeta 50.

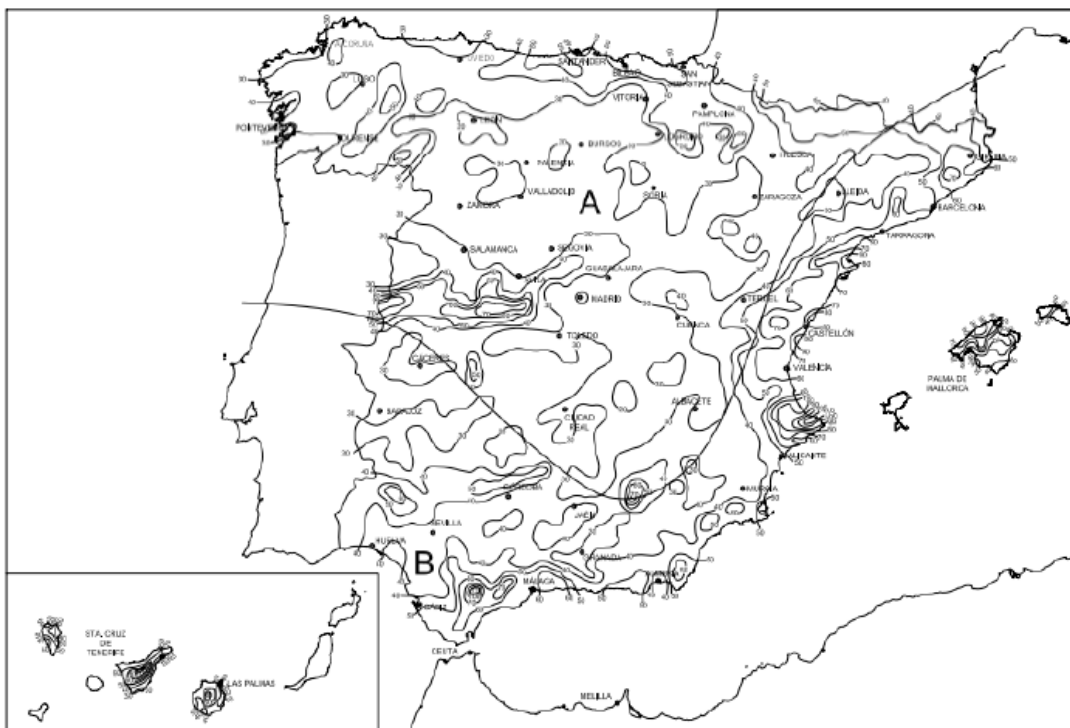


Figura 53. Mapa de isoyetas y zonas pluviométricas

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 54. Intensidad pluviométrica

Intensidad Pluviométrica: 110 mm/h

CANALONES

Para un régimen con intensidad pluviométrica diferente de 110 mm/h, debe aplicarse un factor f de corrección a la superficie servida tal que:

$$f = i/100$$

siendo:

i: la intensidad pluviométrica que se quiere considerar.

Por lo tanto el factor de corrección es:

$$f = \frac{110}{100} = 1,1$$

Para calcular el diámetro de los canalones es necesario determinar el área de evacuación de cada uno de ellos. Se disponen de dos canalones, uno a cada lado de la cubierta. Para el dimensionamiento se toma el canalón al que le corresponde mayor área de evacuación que es 10 x 40 m que hacen un total de 500 m².

Aplicando el factor de corrección, el valor de la máxima superficie de cubierta en proyección horizontal es de 500 x 1,1, que da un resultado de 550 m².

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 55. Tabla 4.7. Diametro del canalón

Aplicando una pendiente para los canalones del 2%, con una superficie de cubierta de 550 m², el diámetro obtenido es de 250 mm.

Diametro nominal del canalón: 250 mm

SUMIDEROS

El número mínimo de sumideros que deben disponerse es el indicado en la tabla 4.6 del DB-SH, en función de la superficie proyectada horizontalmente de la cubierta a la que sirven.

El número de puntos de recogida debe ser suficiente para que no haya desniveles mayores que 150 mm y pendientes máximas del 0,5 %, y para evitar una sobrecarga excesiva de la cubierta.

Cuando por razones de diseño no se instalen estos puntos de recogida debe preverse de algún modo la evacuación de las aguas de precipitación, como por ejemplo colocando rebosaderos.

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

Como la superficie de la cubierta es de 500 m² le corresponde 4 sumideros por canalón.

Número de sumideros por canalón: 4

BAJANTES

El diámetro correspondiente a la superficie, en proyección horizontal, servida por cada bajante de aguas pluviales se obtiene en la tabla 4.8.

Siguiendo el mismo criterio que en casos anteriores se establece una superficies de 500 m².

De la siguiente tabla se extrae el diámetro necesario.

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

Diámetro nominal de la bajante: 110 mm

COLECTORES DE AGUAS PLUVIALES

Los colectores de aguas pluviales se calculan a sección llena en régimen permanente.

El diámetro de los colectores de aguas pluviales se obtiene en la tabla 4.9, en función de su pendiente y de la superficie a la que sirve.

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 57. Tabla 4.9. Diametro de los colectores

Estableciendo una pendiente del 2% y una superficie proyectada de 500 m², el diámetro nominal del colector es de 160 mm.

Diametro nominal del colector: 160 mm

ARQUETA AGUAS PLUVIALES

En la tabla 4.13 se obtienen las dimensiones mínimas necesarias (longitud L y anchura A mínimas) de una arqueta en función del diámetro del colector de salida de ésta.

Tabla 4.13 Dimensiones de las arquetas

L x A [cm]	Diámetro del colector de salida [mm]								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	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

Como el diámetro de salida del colector es de 160 mm se requiere según la tabla una arqueta de 60 x 60 mm.

Dimensiones de la arqueta: 60x60 mm

3.10.2 DIMENSIONADO DE EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

En primer lugar, se identifican los aparatos que componen la instalación que en este caso son cuatro sumideros.

Debe utilizarse el método de adjudicación del número de unidades de desagüe (UD) a cada aparato sanitario en función de que el uso sea público o privado.

Tabla 4.1 UD's 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
	Con fluxómetro	8	10	100
Urinario	Pedestal	-	4	-
	Suspendido	-	2	-
	En batería	-	3,5	-
Fregadero	De cocina	3	6	40
	De laboratorio, restaurante, etc.	-	2	-
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 59. Tabla 4.1. Unidades aparatos sanitarios

Se dispone:

Aseo Hombre y Mujer: 4 inodoro y 4 lavabos

Aparato	UD de desagüe	Diámetro mínimo del sifón (mm)
Inodoro	16	100
Lavamanos	4	32

Comedor: 1 fregadero y 1 lavabos

Aparato	UD de desagüe	Diámetro mínimo del sifón (mm)
Fregadero	3	100
Lavamanos	1	32

RAMALES COLECTORES

En la tabla 4.3 se obtiene el diámetro de los ramales colectores entre aparatos sanitarios y la bajante según el número máximo de unidades de desagüe y la pendiente del ramal colector.

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 60. Tabla 4.3. diámetros de ramales colectores entre aparatos sanitarios y bajante

Considerando 20UD para primer ramal y 4 UD para el segundo, y tomando una pendiente del ramal colectores 2% , se obtiene un diámetro de 75 para la primera y 50mm para la segunda.

Diámetro de ramales colectores: 75mm y 50 mm

COLECTORES HORIZONTALES

Los colectores horizontales se dimensionan para funcionar a media de sección, hasta un máximo de tres cuartos de sección, bajo condiciones de flujo uniforme.

El diámetro de los colectores horizontales se obtiene en la tabla 4.5 en función del máximo número de UD y de la pendiente.

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 62. Tabla 4.5. diámetros de los colectores horizontales

Considerando un 2% de pendiente, se obtiene un diámetro de 63 mm.

Diámetro de los colectores horizontales: 63 mm

La Tabla 4.13 “Dimensiones de las arquetas” del CTE-DB-HS determina la longitud L y anchura A mínimas necesarias de una arqueta según el diámetro del colector de salida de ésta.

L x A [cm]	Diámetro del colector de salida [mm]								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
	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 58. Tabla 4.13. Dimensión arquetas

Las dimensiones necesarias son de 40x40cm.

BAJANTES DE AGUAS RESIDUAL

El dimensionado de las bajantes se realizará de tal forma que no se sobrepase el límite de ± 250 Pa de variación de presión. 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 61. Tabla 4.4. diámetros 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.

3.11 FONTANERÍA

Para el diseño y cálculo del suministro de agua se ha seguido lo descrito en la normativa de libre aplicación NTE-IFF agua fría y la NTE-IFC agua caliente cumpliendo también con los criterios mínimos establecidos en el DB-HS.

3.11.1 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN DE AGUA FRÍA

TUBERIAS

La tabla 1 proporciona el diámetro D de una tubería según el número de grifos por el tramo calculado.

➔ Uso del edificio ➔ N° total de grifos por tramo

➔ Tipo de tubería ➔ Diámetro D

Tabla 1		N.º total de grifos servidos por el tramo										
		Público	3	8	15	33	51	99	206	322	663	1217
Uso del edificio	Privado	3	9	18	42	67	134	291	409	1027	1929	3286
	Tipo de tubería	Acero	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125
	Cobre o PVC	10	15	20	25	30	40	60	80	100	125	150

Diámetro D en mm

Hay dos grifos servidos por tramo, por lo tanto tomando el tipo de tubería cobre o PVC se obtiene un diámetro de 10 mm.

Diámetro de tubería: 10 mm

LLAVES Y CONTADORES

La tabla 3 proporciona el diámetro D de las llaves y el calibre del contador según el material y el diámetro de las tuberías calculado en el apartado anterior.

↓ Diámetro del tramo ↓ Diámetro de llaves ↓ Calibre del contador	Tabla 3													
	Diámetro del tramo D en mm	Acero Cobre o PVC	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	
	Ø de llaves (mm)		15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	
	Calibre del contador (mm)		10	13	15	20	30	40	50	65	80	100	125	

De la tabla se extrae un diámetro de llaves de 15 mm y un calibre de contador de 10 mm.

Diametro de llaves:15 mm

Calibre del contador: 10 mm

GRUPO DE PRESIÓN

De la tabla 4 se obtiene una presión mínima admisible de 12 m.c.a. por lo tanto este será el valor de presión que debe proporcionar el grupo de presión.

Tabla 4	Posición de la planta más alta servida por el grupo de presión																			
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	11ª	12ª	13ª	14ª	15ª	16ª	17ª	18ª	19ª	20ª
Red de grifos	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69
Red de fluxores	17	20	23	26	29	32	35	38	41	44	47	50	53	56	59	62	65	68	71	74

Presión P mínima admisible en la acometida (m.c.a)

De la tabla 5 se obtienen los siguientes resultados en base al diámetro de salida del grupo de presión.

	Diámetro D, en mm a la salida del grupo de presión											
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	
Acero	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	
Cobre o PVC	10	15	20	25	30	40	60	80	100	125	150	
Caudal de la bomba K en l/min	25	25	25	25	35	50	80	140	250	320	400	
Volumen del tanque, V en l	30	30	30	50	100	250	500	1.000	1.500	5.500	6.500	
Volumen del depósito acumulador, W en m³	0,3	0,8	1,5	2,5	4	6	12	25	48	90	150	

Caudal de la bomba: 25 l/min

Volumen del tanque: 30 l

Volumen del deposito acumulador: 0,3 m3

VÁLVULA REDUCTORA

	Posición de la planta más baja servida por la válvula reductora																			
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	10ª	11ª	12ª	13ª	14ª	15ª	16ª	17ª	18ª	19ª	20ª
Red de grifos	30	42	46	48	51	54	57	60	63	66	69	72	72	72	72	72	72	72	72	72
Red de fluxores	44	47	50	53	56	59	62	65	68	71	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74
	Presión P máxima admisible en la acometida (m.c.a)																			

Es precisa cuando la presión en la acometida sea superior al indicada en la Tabla 6 para la planta mas baja. Dicho valor será la presión reducida que debe proporcionar la válvula reductora. Como podemos observar, la presión reducida proporcionada por la válvula seria de 30 m.c.a. que es muy superior a la proporcionada por el grupo de presión, por lo tanto, no será necesario la colocación de dicha válvula en la instalación.

CONTADOR GENERAL

D en mm	Acero Cobre o PVC	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
		10	15	20	25	30	40	60	80	100	125	150
largo	a	600	600	900	900	1.300	2.100	2.100	2.200	2.500	3.000	3.000
ancho	b	500	500	500	500	600	700	700	800	800	800	800
alto	c	200	200	300	300	500	700	700	800	900	1.000	1.000
		armario					cámara					

Las dimensiones del armario o cámara en mm, según diámetro D de la conducción en la acometida serán:

Largo: 600 mm

Ancho: 500 mm

Alto: 200 mm

3.11.2 DIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE (NTE-IFC)

El diámetro D, preciso para cualquier tramo de la conducción se determina en la Tabla 1 en función del número de grifos servido por el tramo en estudio.

Tabla 1		Número de grifos servidos por el tramo										
Uso del edificio	Público	3	8	15	33	51	99	206	322	663	1217	2008
	Privado	3	9	18	42	67	134	291	469	1027	1929	3286
Tipo de tubería	Acero	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
	Cobre	18	22	28	36	42	50	60	80	100	125	160
		Diámetro D en mm										

Hay dos grifos servidos por tramo, tomando tipo de tubería cobre, se obtiene un diámetro 18mm.

CÁLCULO DEL GRUPO DE PRESIÓN

Para instalaciones individuales con calentador-acumulador, el cálculo del grupo de presión se hará según NTE-IFF: Instalaciones de Fontanerra.Agua Fria.

CÁLCULO DE LA VÁLVULA REDUCTORA

Para instalaciones individuales con calentador acumulador, el cálculo de la válvula reductora se hará según NTE-IFF: Instalaciones de Fontanerfa-Agua Fria.

CALENTADOR ACUMULAR CENTRALIZADO

En instalaciones con calentador acumulador, la capacidad de agua e en litros, y la potencia P en kcal/h, se determinan en la Tabla 11, en función del número de grifos, servidos por el mismo.

Tabla 11		Número de grifos servidos por el acumulador													
Uso del edificio	Público	13	20	27	33	50	66	100	135	190	327	475	640	1.000	1.350
	Privado	20	30	40	50	75	100	150	200	300	500	750	1.000	1.500	2.000
C en litros		750	1.000	1.250	1.500	2.050	2.500	3.400	4.300	6.000	9.400	13.600	17.800	26.200	34.600
P en kcal/h		21.560	28.700	35.940	43.125	58.940	71.875	97.750	123.625	172.500	270.250	391.000	511.750	753.250	994.750

Se obtiene la capacidad requerida es de 750 litros y la potencia 21550 kcal/h para un numero de 20 grifos.